

## ВВЕДЕНИЕ

В послевоенные десятилетия при проектировании образцов новой техники, организационных и технологических систем все большее внимание уделяется человеческому фактору. Этому способствовало:

1. Лавинообразное осложнение технических устройств, в частности, появление развитых автоматизированных систем управления (АСУ), качественно изменившее характер взаимодействия человека из орудиями труда - на смену поиска лучшего соотношения независимых субъекта и орудия пришла потребность формирования целостной системы «оператор - оборудование - среда» (эргатической системы, ЭС), свойства которой не могут быть сведены к качествам компонентов.

2. Возрастание масштабности задач, в которых задействованы ЭС и, соответственно, тяжести аварий. Последствия последних имеют тенденцию приобретать комплексный характер, включая человеческие жертвы, экологические и экономические потери. Примерами являются широко освещаемые в мировой прессе аварии нефтяных танкеров и пассажирских судов, авиакатастрофы, выбросы химических и радиоактивных веществ.

3. Тотальность распространения и серийность ЭС, что потенциально увеличивает вероятность аварий и размер затрат на их предотвращение. Известны факты, когда автомобильным компаниям приходилось заменять во всей серии машин органы управления и приборы, конструкция которых оказалась неудачной, не обеспечивая надлежащего уровня безопасности, комфорта и т.п. Отсюда следует необходимость наиболее тщательной проработки эргатических систем серийных изделий.

4. Развитие рыночных отношений за последние годы добавляет еще один пункт - возможность использования эргономики как орудия конкурентной борьбы. По данному, которые приводились на Международной конференции «Обеспечение безопасности полетов в новых экономических условиях» [197,с.63], потери российских авиапредприятий вследствие антирекламной компании, связанной с проблемами безопасности, только на протяжении 1995-96 гг. составили около 3 триллионов неденоминированных рублей.

Среди стран, где эргономическим вопросом должно уделяться приоритетное внимание, едва ли не первое место занимает Украина, пострадавшая от последствий Чернобыльской катастрофы и имеющая на сравнительно небольшой территории огромный потенциал опасных производств.

В то же время, современное состояние моделирования сложных систем характеризуется отсутствием концептуального единства предпосылок, подходов, моделей и методов исследований. Имеющиеся методы и модели применялись (или могут быть использованы) для решения отдельных задач, а не проблемы в целом. Это, в частности относится к методам оптимизации, моделям взаимодействия человека со средой, а и к моделям профессиональной деятельности [мд].

В условиях, когда средства, выделяемые на экспериментально-исследовательскую работу являются недостаточными, особенно важным является развитие теории, способной спрогнозировать результаты экспериментов и таким образом уменьшить затраты на усовершенствование ЭС. Для этого необходимо хорошо представлять причины недостатков современных ЭС и объективные ограничения возможностей автоматизации. Рассмотрим их на примере такой технически передовой области, как гражданская авиация.

Методики проектирования авиационных ЭС базируются на основах технического или гуманитарного подходов [99,209,283,286]. Для пояснения используем схему и обозначения Хокинса [311] (рис. 1).

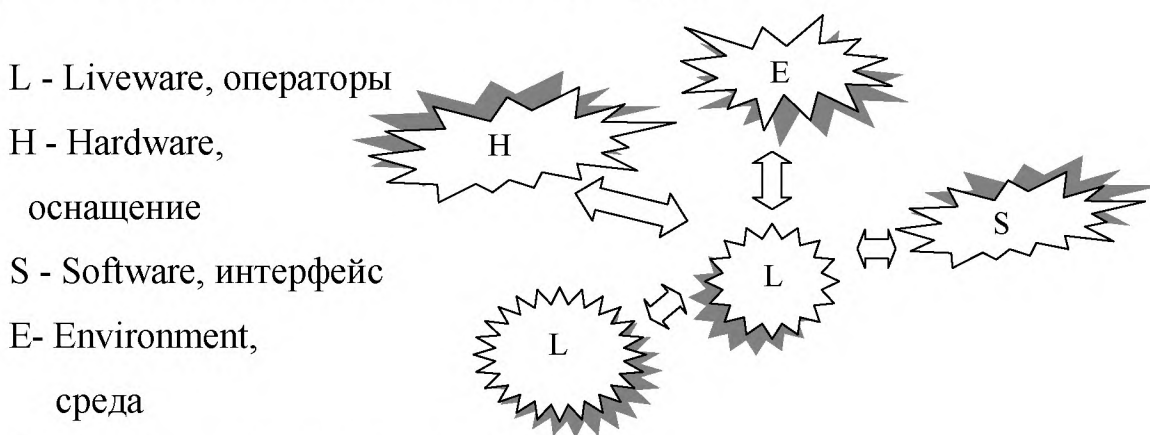


Рис. 1. Структура эргатической системы

Для технического, хронологически более раннего, подхода (рис. 2), приоритетными являются технические факторы (H) - как раз параметры оборудования определяют вид интерфейса (S) и требования к операторам (L).

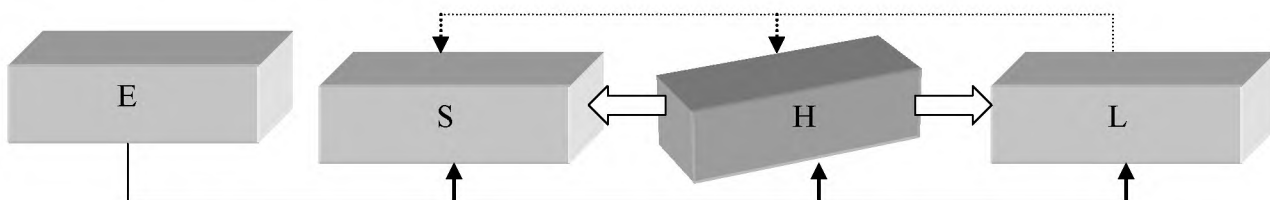


Рис. 2. Технический подход к проектированию ЭС

Наиболее весомыми недостатками таких систем [70,71,84,282,311] являются:

- необходимость использования большого количества отдельных индикаторов (на самолетах - до 1000 и больше); отсюда - «непрозрачность», сложность информационной системы, затрудняющая ориентацию и приводящая к непониманию отображения работы АСУ оператором;
- неудобная форма подачи информации, информационные всплески, которые в особенности дают себя знать в критических ситуациях («разбегание стрелок»), несводимость «образа полета» к «приборному образу», потеря связи с контролируруемыми процессами;

- чрезмерная информативность данных;
- сложность взаимодействий внутри экипажа или изменения;
- сложность отбора и подготовки операторов, и тому подобное.

Вероятность ошибочных действий является достаточно высокой, поскольку оператору в условиях дефицита времени тяжело обнаружить и переработать необходимую информацию.

Поэтому более перспективным считается гуманитарный подход [286]. Он характеризуется приоритетом человеческого фактора при проектировании интерфейса и оборудования (рис. 3).

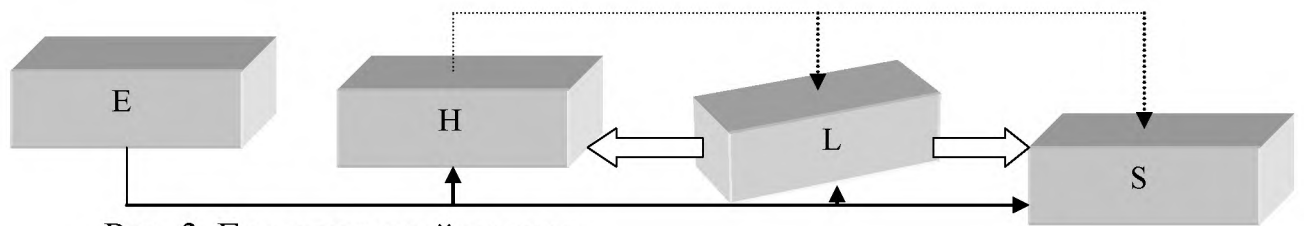


Рис. 3. Гуманитарный подход

Влияние среды (E) выражается в форме температурных, вибрационных и иных факторов, что необходимо учесть по условиям нормального функционирования L и H. Использование гуманитарного подхода стало возможным благодаря прогрессу электронных способов отображения данных (так называемые приборы обобщенной информации [99,с.196-197]), которые позволяют представить их в удобном для восприятия виде.

Однако, и спроектированные на этой основе системы не лишены недостатков. В частности, по данным ИКАО [282,с.13-24], полученным на основании анализа опыта эксплуатации оборудованных самыми современными способами автоматизации самолетов B747-400, MD11, A 320, имеют место:

- потеря знания обстановки оператором;
- потеря понимания работы АСУ;
- лишнее доверие, или, наоборот, страх перед АСУ;
- потеря профессиональных навыков, изменение мотиваций, изменение функций внутри экипажа или смены;
- уязвимость в отношении грубых и систематических ошибок;
- увеличение рабочей нагрузки в экстремальных ситуациях;
- необходимость изменения методов отбора и обучения операторов, и тому подобное.

Следовательно, причины кроются в информационной, эстетичной и т.д. несовместимости компонентов системы между собой и с внешней средой, что является следствием необеспеченности саморегуляции ЭС, то есть отсутствия ее целостности. Сходство недостатков для обоих подходов свидетельствует, что они обусловлены не несовершенством конкретных методик проектирования или подготовки, а концептуальной недостаточностью подходов.

Обратимся к проблемам более «спокойной» отрасли – строительства – и, в частности, к совершенствованию строительных технологий. Можно констатировать, что создание целостной, открытой, организованной, адаптивной технологической системы (ТС), включающей комплекс инновационных технологических и организационных составляющих, охватывающих все стадии возведения зданий, также сдерживается концептуальной недостаточностью средств моделирования и оптимизации. Так, в [ддб] целый ряд проблем строительного комплекса Украины объяснялся недостаточностью существующих теоретических разработок и неоптимальностью технологических процессов, в связи с чем определялась необходимость разработки концепции, обеспечивающей комплексное решение проблемы создания технологических основ монолитного высотного строительства, причем возможность реализации технологической системы в виде неаддитивной структуры, включающей постоянные и переменные составляющие, принималась в качестве научной гипотезы.

Подчеркнем, что влияние человеческого фактора для ТС имеет место при внедрении инновационных технологических процессов, оптимизации трудовых ресурсов, контроле качества работ, комплексной оценки технологии и т.п., т.е. пронизывает весь процесс построения системы. Соответственно, его учет требует разработки методов оптимизации и теории принятия решений, экспертных оценок для оценки, обработки, а также представления результатов исследования и достигнутых показателей.

Таким образом, главная задача настоящей работы определяется как создание на основе системного подхода аппарата, адекватного свойствам сложных систем (целостность, неаддитивность, открытость, самоорганизация, эволюция с постепенными накоплениями изменений и качественными переходами; неоднородность, несравнимость, несводимость компонентов и параметров; синергия, нелинейность, наличие порогового эффекта взаимодействий), способного с единых методических позиций решать задачи моделирования и многокритериальной оптимизации эргатических и технологических систем и их отдельных компонентов.

Другой важной задачей является обоснование и изложение практически значимых рекомендаций, решений, методик, оценок, расчетов, направленных на повышение надежности, безопасности и качества ЭС и ТС. Это реализуется путем усовершенствования организации систем в целом, и, в частности, систем отображения информации, процедур принятия решений, технологии проектирования, методов оценивания системы, совершенствования отбора, контроля, подготовки и деятельности операторов.

Сделанные замечания определяют структуру работы.

В первой главе рассматриваются существующие методы моделирования и оптимизации эргатических и технологических систем. Определяются присутствующие им недостатки с точки зрения проектирования реальных систем, а также их возможности для комплексного решения задач работы. Приоритетным здесь является обеспечение целостности системы и адекватность описания челове-

ского фактора. Предлагаются и обсуждаются подходы, позволяющие избежать выявленных недостатков.

Во второй главе описывается ход разработки методов исследования и понятийного аппарата С- пространства; приводится обоснование системы аксиом его волновой модели; обсуждается ее пригодность для достижения цели работы, в частности, в контексте принятия решения и распознавания образов. Приводятся примеры систем различной природы, для которых структура, взаимодействия и измерения соответствуют принятым аксиомам. Производятся сравнения с результатами других исследователей.

В третьей главе производится построение теории самоорганизации С-пространства, включая различные реализации множеств, операций и измерений. При этом построение сценариев самоорганизации увязывается с проблемой полноты и непротиворечивости аксиом волновой модели.

Разработка теории С- отображений; ее использование для построения объектных графических моделей форм и отношений С- пространства – вот основная тема четвертой главы. Наглядное представление тех или иных сценариев самоорганизации, взаимодействий и измерений значительно облегчает процесс моделирования, однако требует осторожности, поскольку связано с проблемами инвариантов преобразований и калибровки объектных моделей.

В пятой главе приводятся примеры использования объектных моделей, С- операций и отображений для определения оптимального состава компонентов ЭС и ТС; формализации синергии нескольких факторов; определения весовых коэффициентов взаимодействий между компонентами, с окружающей и производственной средой; усовершенствование взаимодействия отдельных компонентов системы. Особое внимание уделяется проблеме целостности систем, как с точки зрения ее формального выражения, так и средств достижения в ходе проектирования. Конкретно для технологической системы монолитного каркасного высотного жилищного строительства приводится обоснование концепции и описывается построение комплексной модели.

Моделирование деятельности лиц, принимающих решения, разработка мероприятий по повышению совместимости, надежности и безопасности ЭС и ТС, чему посвящена шестая глава, включает:

- построение моделей восприятия, распознавания и принятия решения, действий управления как реализаций сценариев самоорганизации С- пространства;
- разработку способов влияния на психоэмоциональное состояние оператора; усовершенствование информационных кодов; обоснование рекомендаций относительно компоновки пультов управления;
- разработку концепции интуитивной системы отображения информации и соответствующих технических решений;
- некоторые вопросы построения АСУ строительной организации, в частности, определения ее структуры.

Приводится ряд примеров типовых задач, возникающих в процессе управления для ЭС, а также их решений на основе разработанного аппарата. Для ТС описывается комплекс мероприятий по совершенствованию технологии производства монолитных железобетонных работ, включающий инновацию технологических процессов, оптимизацию трудовых ресурсов, контроль качества работ.

В седьмой главе рассматриваются возможные усовершенствования технологии проектирования ЭС и ТС, в частности:

- разработка эвристики поиска вариантов решения;
- решение многокритериальной оптимизационной задачи на основе теории самоорганизации С- пространства для ЭС, а также многокритериальная инновационная оптимизация для ТС;
- определение и обработка оценок эргономичности решений;
- оптимизация структуры базы данных и автоматизация отдельных этапов проектирования, в частности процесса выбора элементов опалубки.

Восьмая глава посвящена еще одному аспекту применения волновых моделей – использованию координатной системы С- пространства и правил измерения для обоснования, выбора и уточнения методов исследований и отбора операторов, определение и ранжирования оценок профессиональных качеств; графического представления результатов исследований операторов; расчета корреляций и допустимых границ эргономических показателей; обоснование программы специальной подготовки операторов интуитивных систем отображения информации.

Здесь же приводятся комплексные оценки технологических систем, основанных на проведении экспертных опросов, включая средства обработки, интерпретации и наглядного представления сделанных оценок, а также их практического применения.

Наконец, в девятой главе обсуждаются перспективы дальнейших исследований, в частности, концепции «эргономического жилища», дающей возможность рассчитать параметры комфорта человека и связать их с архитектурно-планировочными, конструктивными и технологическими строительными решениями.

Следует отметить, что основным практическим результатом работы является разработка функционирующей технологической системы монолитного каркасного высотного жилищного строительства и ее внедрение в практику строительства в региональном масштабе. Аспекты этого внедрения описываются в заключении.

Кроме того, работа включает список литературы, условные обозначения и сокращения.

Работа предназначена для научно-технических работников, интересующихся проблемами эргономики и создания эффективных технологических систем в строительстве.

# ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭРГАТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Необходимо:

- определить возможности построения аксиоматической модели, адекватной свойствам ЭС и ТС;
- выяснить, когда в задачах моделирования и оптимизации целесообразно применение существующих моделей и методов, и с какими проблемами они сталкиваются;
- обосновать необходимость разработки новых методов и определить направления соответствующих исследований.

## 1.1. Геометрическое моделирование в задачах совершенствования эргатических систем

**Теоретическая основа геометрического моделирования.** Следует выяснить, является ли необходимость построения аксиоматических моделей с необходимыми для моделирования сложных открытых систем свойствами. Доказательством стали бы полнота и отсутствие противоречий существующих аксиоматических систем – в этом случае построение другие аксиоматики были бы излишними. Это удобно сделать, проведя сопоставление взглядов Д. Гилберта с современным пониманием проблемы. Поскольку это уже делалось в предыдущих публикациях [116,123,127], ограничимся развернутыми выводами.

1. Работы Д. Гилберта, посвященные основаниям геометрии и математики [57,58], являются кульминацией тенденции к увеличению точности рассуждений, намеченной еще Р. Декартом, Г.В. Лейбницем и И. Ньютоном. Понимание, после работ М.И. Лобачевского, Б. Римана, А. Келли и Ф. Клейна, аксиом как границ различных геометрий, создание усилиями Г. Кантора, Г. Фреге и Р. Дедекинда так называемой «наивной» теории множеств, попытки построения полных аксиоматических систем, осуществленные М. Пашем и Г. Пеано - вот непосредственные предпосылки этих исследований.

2. Для обоснования концепции работы важная оценка таких положений.

А. Задача «установления аксиом геометрии и исследования их взаимоотношений» рассматривается как «логический анализ нашего пространственного представления» [58,с.55].

Б. Соотношение элементов пространства явным образом описываются системой аксиом, которая должна быть непротиворечивой, независимой, полной, невыводимой, конечной.

В. Единственным критерием истинности утверждений признается соответствие вывода из аксиом и уже доказанных утверждений фиксированным правилам. Утверждения кодируются конечными последовательностями знаков, а правила вывода точно определяются на основе законов формальной логики.

Г. Для записи рассуждений предлагается формальный язык, который реализует правила образования и вывода высказываний и содержит кванторы и операторы, а также обозначение констант и переменных. Истинность или ошибочность ее формул анализируется по внешним признакам безотносительно к содержанию. Применение формальной системы (что является воплощением идей Лейбница и Фреге) к основам математики должно было решить вопроса об их непротиворечивости.

3. Представляется верным утверждение, что Гилбертом был использован системный подход (сам термин был введен на несколько десятилетий позднее), который объединил в единой парадигме систему аксиом, способов описания и вывода. С тех пор любое исследование основ геометрического моделирования, как только системы аксиом и без других составляющих, должно рассматриваться как некорректное.

4. Положение А-Г были впоследствии подвергнуты критике.

Канторовская теория множеств – одна из опор программы Гилберта - оказалась не свободной от противоречий (антиномии Кантора, Рассела, парадоксы Епаминонда, Ришара, Бурали-Фортэ и т.д. [172, т.1, с.292- 296]). Было предложено около десяти способов их устранения [14], которые сводятся к *ограничению способов образования множеств, более точному описанию свойств с помощью логико-математических языков и выбору критерия, позволяющего отличать свойства, которые задают множества, от свойств, которые не определяют их*. С. Клини так оценивает успешность этих попыток: «*Не было найдено ни одного решения, с которым бы все согласились*» [103, с. 42]. Следовательно, *возможности адекватного выражения свойств эмерджентных систем с помощью выразительных средств теории множеств ограничены*.

Был также поставлен вопрос, почему формально-логический вывод, которое сам по себе не является геометрическим, считается единственным инструментом, конституирующим истинность геометрических суждений. В противовес Л.Э.Я. Брауэр выдвинул положение о необходимости указания интуитивно убедительных построений, которые удостоверяют достижимость результатов. Характерные решительные возражения Брауэра против попыток формализации интуиционистской математики и логики [55, 104, 105], которые он считал отходом от первоначальной программы. Этот факт является поучительным для целей данной работы; он указывает, что интуиция, как исследовательский метод, еще не получила специфического предмета исследования; следовательно, возможность внелогического конструирования интуитивно достоверных геометрических объектов, соответствующих качествам сложных систем, остается открытой.

В 1931 г. К. Гедель доказал несколько теорем, две из которых получили общее название «о неполноте» [172, т.1, с.909]:

1. *В любой непротиворечивой формальной системе, содержащей операции сложения и умножения, кванторы и обычные правила обращения с ними, найдется такая формула А, что ни А, ни  $\neg А$ , не является выводимыми в системе.*



2. При наличии естественных дополнительных условий (выводимость формул, которые выражают суждения: система замкнута относительно правила сокращения посылки и подстановки термов вместо предметных переменных; из истинности формулы вида  $f(N)=0$ ,  $f$  - рекуррентная функция, следует ее выводимость), в качестве  $A$  можно взять утверждение о непротиворечивости самой системы.

Отсюда выводят невозможность формализации математики и доказательства непротиворечивости арифметики (следовательно, и геометрии), даже если считать финитными все способы формализованной арифметики. Любая система аксиом геометрии будет неполной и непополнимой, даже если дополнить ее счетно-бесконечным множеством аксиом, в качестве которых можно взять выражения вида  $A$  или  $\neg A$ .

В 1931 г. А. Тарский выдвинул критерий истинности в формальных языках:

*Для языка исчисления классов высказывание  $X$  истинно тогда и только тогда, когда оно выполняется всеми предметами (классами) и не является истинным, если не существует предметов, (классов) его исполняющих.*

Ним же доказана теорема [172, т.3, с.314], ограничивающая выразительные средства формальных языков:

*При естественной нумерации формул языка, содержащего минимум арифметики, невозможно указать формулу  $T(x)$  языка, такую, что выражение  $T(n)$  является истинным тогда и только тогда, когда  $n$  - номер истинной формулы.*

Таким образом, точное определение истинности языка  $L$  возможно лишь на метаязыке  $ML$  таком, что  $L \subset ML$  и в  $ML$  содержатся выражения более высоких типов. Так было установлено несовпадение класса доказательных и истинных высказываний - первый содержится во втором, но не наоборот. Следовательно, не существует формальных препятствий для 1) построения аксиоматических систем, более адекватных свойствам сложных систем, поскольку аксиоматические системы геометрии являются принципиально неполными, и 2) разработки способов описания и верификации, более широких, чем средства существующих формальных языков.

После осознания существования границ применимости математической логики были получены интересные результаты. Например, в 1970 г. С. Коэн показал, что решение проблемы континуума (в геометрической формулировке [11] звучащей так: «Существует ли такое бесконечное множество точек отрезка, которое можно поставить во взаимно-однозначное соответствие со всеми точками данного отрезка?») зависит от введения дополнительной аксиомы, т. е. аксиом Кантора и Архимеда недостаточно для однозначного теоретико-множественного определения даже такого простого геометрического объекта. Неудивительно, что размышляя над проблемами адекватности математики, А.Д. Александров констатировала: «Или логическая точность без связи с реальностью, или связь с реальностью без абсолютной точности» [11, с. 278].

Таким образом, необоснованность ряда положений Гилберта признается современными исследователями. В частности, А.Д. Александров отмечает: «Математика не укладывается ни в какую чисто формальную теорию, даже

*элементарная геометрия не поддается окончательному обоснованию»* [11,с.275]. Эта же мысль разделяется другими авторами [37,103,174,246]. Неполнота аксиоматических систем, недоказанность непротиворечивости, парадоксы теории множеств, недостаточность выразительности формальных способов - все это создает предпосылки для разработки альтернативных систем, отношение которых к существующей парадигме представляется аналогичным отношением евклидовой и неевклидовых геометрий - последние не опровергаются, а дополняют первую; аксиомы являются границами между ними. Каждая из систем может включать собственные специфические способы описания и методы исследований, которые следует разрабатывать вместе с аксиоматикой.

**Методы и модели.** Важную роль в формировании современного понимания методов геометрического моделирования сыграли работы в области прикладной геометрии последних десятилетий.

**Аксиоматический метод.** И.С. Джапаридзе впервые использовал его для разработки достаточно нетривиальных моделей многомерного пространства. В частности, каждой точке пространства ставился в соответствие один или несколько объектов на плоскости; соответственно, модели классифицировались как унарные, бинарные, и т.п. Например, точка пятимерного пространства может быть представлена как кривая второго порядка общего вида, или как окружность и прямая линия и т.д. При соблюдении аксиоматически закрепленных правил удается сохранять не только топологические и позиционные, а, в некоторых случаях, и метрические свойства объектов пространства. Труды Джапаридзе надлежит расценивать как очень весомое обобщение конструктивных проекционных методов. Но следует отметить, что они не использовались для моделирования сложных систем, и потому интересные, прежде всего, в методическом плане.

**Системные методы.** К.И. Вальков предложил удачное проекционное толкование проблем оснований геометрии, включая методы исследований и способы описания. Наиболее важными являются принцип инвариантной неопределенности и понятия проекционного схематизма. Первый состоит в отказе от представления аксиом, как первичных извечных положений. Вместо этого, они рассматриваются как «сечение», или произвольное начало отсчета в цепи информационных процессов (аналог фактор-множества в пространстве состояний), из-за чего основа теории не может быть явным образом определенной [32,с.27]. Тогда дедуктивное доказательство суждения также становится относительным.

Позднее, после критики чрезмерной экстраполяции понятия «информация» [36], был введенный термин проекционный схематизм для обозначения более общего, лишённого привязки к информации, отношения теории к моделируемой действительности [37]. Поскольку при любом познании, интерпретированном как проецирование в бесконечномерном пространстве на гиперплоскость, происходит потеря неопределенного числа параметров, то его результат (кроме некоторых частных случаев) не соответствует действительности. Вывод распространяется на способы описания («схематизм языка») и на математиче-

ское познание вообще («схематизм математики»): «Ни один содержательный результат математики не был выведен и не может быть выведен «логическим путем» из набора исходных положений - аксиом», [37,с.46]. Этот тезис подчеркивает роль геометрической интуиции в творческом процессе.

Результатом использования названных идей при исследовании эквивалентных пространств [34], геометрических машин [102], сложных систем [33], было определение границ применимости существующей парадигмы для определенного класса задач. Задача создания новой парадигмы не ставилась.

**Теория преобразования.** Достигнутые результаты ([68, 86, 255, 268, 271]) удовлетворяют практическим потребностям, если моделируется обычный геометрический объект. Но, в случае необходимости построения изображения «неклассического», например, фрактального объекта, возникают вопросы определения инвариантов, конструктивных схем и эпюров, для которых не существует готовых разработок и которые требуют теоретического рассмотрения.

**Методы оптимизации.** Выделяются работы, ориентированные на потребности 1) формообразование конструкций и 2) их расчета.

В задачах эргономики сферой их использования является: поиск формы помещения или кабины; оптимизация акустики [220] и освещение [53,221,225].

Как видим, рассматриваются важные отдельные задачи оптимизации, по отдельным, не связанным между собой критериям; их набор не перекрывает всех потребностей усовершенствования ЭС; системный анализ состава и приоритетов разнородных факторов целостности требует исследования.

## 1.2. Приоритетные задачи моделирования и оптимизации ЭС и ТС

**Задача многокритериальной оптимизации с неоднородными критериями** непременно сопровождается созданием качественных, надежных и безопасных ЕС [64].

Существует класс задач, суть которых заключается в создании условий, позволяющих исследуемой системе проявить свои лучшие, в некотором смысле свойства. Такие задачи называются оптимизационными. Условия, от которых зависят свойства системы, количественно выражаются некоторыми переменными величинами  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , заданными в области определения  $X$ , и называемыми аргументами оптимизации. В свою очередь, каждое из свойств количественно описывается при помощи переменной  $y$ , значение которой характеризует качество объекта по отношению к этому свойству. В общем случае показатели  $y_1, y_2, \dots, y_m$ , называемые критериями качества, образуют вектор  $y = \{y_k\}_{k=1}^m$ . Его компоненты количественно выражают свойства объекта при заданной совокупности аргументов оптимизации  $x = \{x_i\}_{i=1}^n$ .

Математической моделью системы является целевая функция  $y = f(x)$ , связывающая критерии качества с аргументами оптимизации. В векторных задачах в качестве целевой функции (ЦФ) обычно используется скалярная свертка частных критериев [29, 59]. Задача оптимизации формализуется как

нахождение такого сочетания аргументов из области их определения, при котором целевая функция приобретает экстремальное значение.

При этом может достигаться локальный минимум, если изображающая точка является лучшей среди соседних точек параметрического пространства, или глобальный оптимум, когда изображающая точка является действительно наилучшей среди широкого множества рассмотренных точек.

Различают две задачи: безусловной оптимизации, когда экстремум ищется по всей области  $X$ , и условной оптимизации с ограничениями, заданными алгебраическими уравнениями и неравенствами; возможности улучшения решения по всем критериям, или только по некоторым (область компромиссов, оптимальность по Парето) и т.д. Например, задачи проектирования являются многокритериальными, так как в них используются несколько частных ЦФ. Поскольку точки минимума отдельных ЦФ не совпадают, возможны лишь оптимально-компромиссные решения.

Необходимые условия решения задачи условной оптимизации определяются теоремой Куна – Таккера [59].

Методы решения задач безусловной оптимизации значительно лучше разработаны и теоретически обоснованы, чем методы условной оптимизации. Поэтому использование мощного аппарата безусловной оптимизации для решения задач условной оптимизации обусловило появление большой группы методов штрафов, сводящих задачу последнюю к решению одной или нескольких безусловных задач.

В случаях, когда возникают затруднения при оценке важности отдельных частных ЦФ, исходная многокритериальная задача может быть представлена в виде условной минимаксной задачи при заданных ограничениях. Необходимые условия экстремума также можно получить с помощью теоремы Куна – Таккера.

Несмотря на кажущееся различие между двумя основными постановками многокритериальных задач оптимизации, они имеют много общего. Независимо от используемого подхода к решению задачи параметрической оптимизации характеристик проектируемого объекта, проектировщик имеет возможность получить одни к тем же оптимальные точки.

Однако методы решения задач условной и безусловной оптимизации различны. Отыскание точек оптимума минимаксной экстремальной задачи по трудоемкости эквивалентны решению условной задачи оптимизации. Выбор той или иной математической формулировки конкретной задачи параметрической оптимизации проектируемого объекта зависит не только от индивидуальных особенностей самой задачи, опыта и степени информированности проектировщика, но и от имеющихся в его распоряжении вычислительных машинных ресурсов решения оптимизационных задач.

Для оптимизационных задач важным является понятие математической модели объекта и те сведения, которыми располагает исследователь для построения модели – от полного знания (детерминированная модель) до полной

неопределенности («черный ящик»). Между этими информационными полюсами находится вероятностный уровень неопределенности. Наличие достаточной информации о механизмах физических, химических, информационных, экономических и др. процессов, происходящих в объекте, позволяет составить детерминированную модель в виде дифференциальных, алгебраических и других уравнений. При их выводе используются законы, установленные в предметных областях, материальный и тепловой балансы, кинематические соотношения и пр.

Аналитическое исследование относительно простых детерминированных математических моделей является предметом классической теории оптимизации.

При неизвестном механизме протекающих в объекте процессов для построения математической модели и дальнейшей оптимизации применяются экспериментальные или экспериментально-статистические методы (теория планирования эксперимента).

Существует большое количество численных методов поиска экстремумов многопараметрических функций, которые можно объединить в две большие группы: методы случайного поиска и регулярные методы [27, 59].

**Трудности решения.** Возникают проблемы двух типов.

1. Постановка оптимизационной задачи в описанной форме является корректной тогда, когда свойства пространства, множеств и функциональных зависимостей, как составляющих частей аппарата моделирования, соответствуют качествам сложных систем. Некоторые сопоставления приведены в табл. 1.1.; ниже это делается больше пространно.

**Таблица 1.1.** Сопоставление сложных систем с особенностями аппарата моделирования

Аппарат моделирования	Сложные системы
<b>пространство параметров</b> однородное, изотропное, с фиксированной целой размерностью	открытые, неоднородные, с переменным количеством параметром на разных этапах эволюции
<b>множества</b> аддитивные, создаются перечнем элементов	неаддитивные, не сводятся к перечню компонентов
<b>элементы</b> простые, независимые, неизменяемые	компоненты сложные, зависимые, изменяемые
<b>функции</b> допускают декомпозицию	взаимодействия нелинейные, имеет место синергия

Отсюда следует, что в тех случаях, когда системные факторы проявляют себя в полной мере, аппарат становится неадекватным моделируемым объектам, и это проявляется уже на уровне аксиоматических определений.

Отметим, что хотя методы теории систем [174,175,222] и синергетики [273,274] основываются на обычной аксиоматике, проблема хорошо осознается; для ее решения предлагались различные способы, например, концепция пространства состояний [81], метод лингвистической переменной [80], некоторые усовершенствования теории множеств [294]. Эти способы полезны в отдельных случаях; для решения проблемы в целом необходимо аксиоматическое переопределение аппарата моделирования.

2. Вопрос корректного определения количества и весов аргументов и критериев оптимизации и ограничений; приведение их к безразмерной форме; обоснованности отбрасывания второстепенных параметров; определение размерности и метрики пространства - все это вызывает немалые осложнения и не лишено субъективных предпочтений [46]. Используемые методы аппроксимации и интерполяции, которые обостряют проблему сходимости и дополняют перечень ограничений. Хотя эти трудности являются «техническими», тем не менее они практически делают невозможную оптимизацию системы, описываемой большим количеством разнородных параметров. Таким образом, актуальным является поиск иных стратегий оптимизации. Такая стратегия должна включать:

1). Построение аппарата моделирования на основе аксиоматической модели пространства с учетом свойств сложных систем;

2). Разработку теории самоорганизации и проверку прогнозов путем сравнения с свойствами природных систем;

3). Использование проверенных решений для оптимизации конкретных ТС и ЭС.

В этом случае, перечисленные трудности могут быть разрешены следующим образом.

А. Количество и вес параметров, размерность пространства изменяются в ходе самоорганизации, сценарий которой определяют внешние условия. Для их подсчета достаточно задать нужное количество шагов и воспользоваться соответствующими предсказаниями теории. При этом параметры выражаются в условных однородных единицах;

Б. Проблема ограничений сведется к калибровке модели - процедуры привязки условных значений параметров к физическим единицам измерения и диапазонов нормативных значений. Например, размеры определяются по условиям соблюдения требований техники безопасности, по антропометрическим характеристиками, и тому подобное. Неаддитивность позволит вводить в единую модель разнородные данные;

В. Условиями целостности модели станут формальным выражением цели оптимизации; поскольку цель является явным образом выраженной, количество вариантов проектных решений сокращается. При этом отдельные целевые функции будут выражать отклонения выдвинутых вариантов от «идеальной» модели для каждого из уровней организации. Весовые коэффициенты отдельных функций определяются, исходя из места каждого из элементов и уровней в общей организации системы. Обобщенная целевая функция будет выражаться комбинацией отдельных целевых функций; наилучшее решение будет соответствовать ее минимуму.

Г. Поскольку количество вариантов, подлежащих рассмотрению, сокращается, существует возможность их сравнения путем прямого вычисления целевых функций. Таким образом, можно избежать трудностей решения задачи определения экстремума.

Следовательно, оптимизация значительно упрощается.

Реализация этой стратегии предусматривает изменение порядка проектирования, то есть формирование ЭС «сверху вниз», от системы к компонентам (рис. 1.1), когда условия целостности системы будут определять требования к оборудованию, критерии оптимальности компоновки и рекомендации по отбору и обучению операторов<sup>1</sup>.

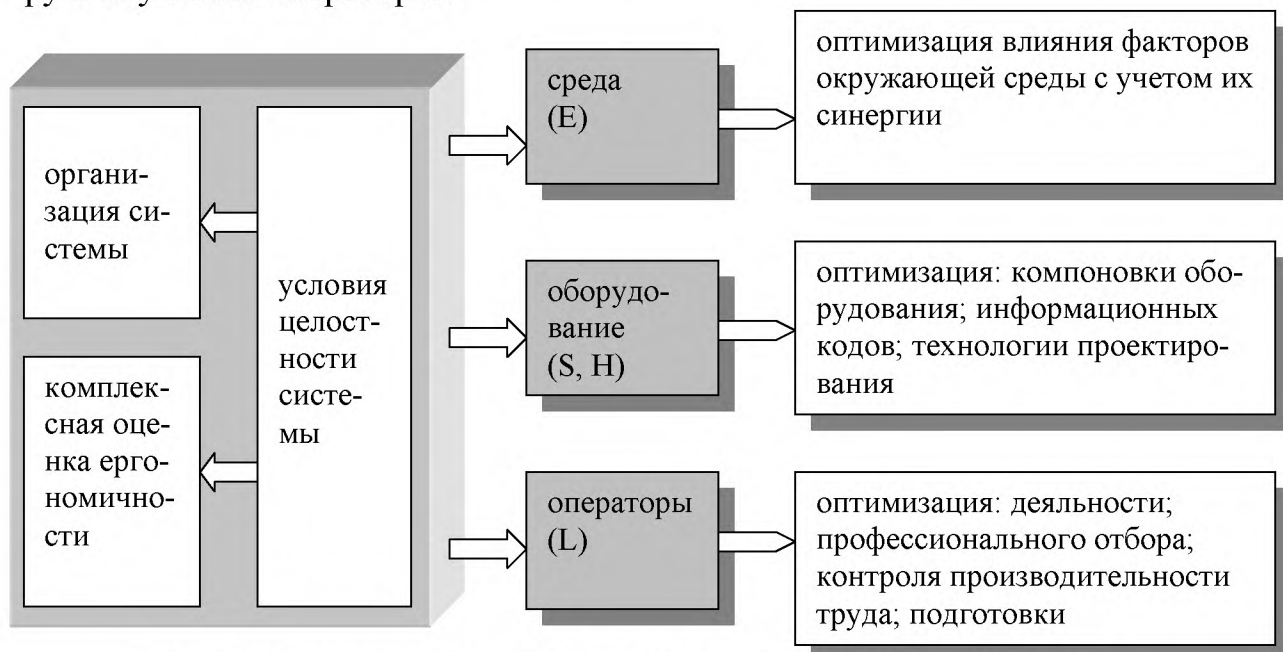


Рис. 1.1. Проектирование ЭС, исходя из условий целостности

Итак, под эргономической оптимизацией будем понимать комплекс мероприятий, направленных на обеспечение целостности системы «оператор – оборудование - среда», которые проводятся как в ходе проектирования и эксплуатации ЭС, так и отбора и подготовки операторов. Разработка мероприятий требует построения общей и частных моделей различной степени абстракции. К первым относятся модели эргатической системы в целом, ко вторым - модели операторской деятельности, а именно, восприятия, распознавания, принятия решений, действий управления. Потребности проектирования и представления данных исследований операторов тоже требуют разработки отдельных моделей. Все они должны иметь свойства целостности, открытости, самоорганизации; способы описания качественно неоднородных и изменяемых компонентов и процессов; возможности предсказания хода самоорганизации систем разнообразной природы.

В этом случае теоретически обеспечивается совместимость ЭС и не возникает основы для появления «нестыковок» между компонентами, являющегося источником многих типов ошибок. Тем не менее, достичь этого на практике непросто. Уточним требования к аппарату моделирования и задачи соответствующих исследований.

**Общие модели** [64,89,90,286,303,307,311,322] должны отражать условия целостности системы, структуру, связи с окружающей средой; описывать саморегуляцию и эволюцию; содержать способы выражения изоморфизма.

<sup>1</sup> Проектирование технологических систем рассматривается в следующих параграфах.

Природа элементов, связей и ограничений, которые образуют структуру ЭС в пространстве-времени, неоднородная; компоненты системы имеют свойства непостоянства и взаимного влияния и характеризуются биологическими, энергетическими, информационными, техническими и иными разнородными изменяемыми показателями. Поэтому возникают проблемы оценки весов показателей, корректного отбрасывания второстепенных характеристик, их представления в условной безразмерной форме. Для ее решения обычно используются теоретико-экспериментальные и вероятностно-статистические методы, а также метод экспертных оценок.

1. При применении теоретико-экспериментальных методов на основе априорных гипотез формируются простые модели компонентов и устанавливаются связи между ними в виде несложных функций. Потом их вид и относительный вес уточняются в ходе итерационного процесса в рамках общей модели функционирования системы. В качестве корреляций используются данные наблюдений существующей системы и натуральных экспериментов [45,46,89,90,295].

2. Возможная геометрическая интерпретация вероятностно-статистических методов связана с построением пространству состояния [81] системы. Каждой из ее составных частей ставят в соответствие свое измерение, стремясь привести их к единой мере и связать с вероятностной оценкой возможности реализации пространственных, физических, информационных и иных характеристик состояний системы.

3. Подобная же интерпретация возможна для представления данных относительно квалификации экспертов и ранжирования оценок весов параметров [259] – каждое из измерений масштабируется соответствующим образом.

Для всех методов трудности вызывает определение количественных характеристик системы [45], обоснование единой меры для качественно различных составляющих, в особенности человеческого фактора [46,97,209,210,286,311,323], формализация условий совместимости [71], определение оценок надежности и эффективности [64], критериев оптимизации [286]. Это приводит к необходимости большого количества измерений, неопределенности экспертных оценок, продолжительной отладки моделей, сопряженных со значительными вычислительными и материальными затратами [46,56].

Трудности напрямую связанные с несоответствием применяемого аппарата особенностям ЭС [127,с.5-8]:

1. В частности, представление о пространстве, как о структурированном множестве, состоящем из однородных, неизменных, независимых элементов, неадекватно качественным отличиям компонентов системы, их изменяемости и взаимозависимости и не содержит условий целостности.

2. ЭС относятся к классу открытых систем, то является их организация, эволюция и характеристики существенным образом зависят от взаимодействий с окружающей средой. Сохранение стабильности организации возможно лишь в определенных границах.

Эти качества не соответствуют геометрическим абстракциям - в системах аксиом, которые задают пространство, множества, операции и преобразования,



отсутствуют группы, которые определяют состояние элементов в зависимости от внешних влияний [116].

3. Самоорганизация системы означает наличие приоритетности системы над компонентами, несведение качеств системы к качествам компонентов (эмерджентность); динамичность и эквифинальность эволюции; нелинейность и небинарность взаимодействий компонентов.

Моделирование включает: формализацию отношений компонентов - система на базе теоретико-множественных представлений; определение связей элементов как функций; взаимодействий - как операций; закономерностей изменений - как функторных преобразований исходной функциональной модели при определенных ограничениях [25,45,29,279].

Сопоставление применяемого аппарата с реальными свойствами систем приводит к выводу о несоответствии:

- между отношениями система - компонент (приоритет системы, эмерджентность) и теоретико-множественными отношениями (приоритет элементов, аддитивность множеств). В конце концов, сама постановка задачи моделирования отдельных элементов и связей, определение отдельных состояний отдельными параметрами неявно предполагает возможность редукции, что уже противоречит целостности и неаддитивности системы;
- между динамичностью отношений и связей элементов системы в процессе эволюции под действием внешних и внутренних факторов и статичностью аппарата отображений, не имеющих достаточных способов автокоррекции и учета внешних факторов;
- между небинарностью и неаддитивностью реальных взаимодействий и бинарностью и аддитивностью арифметических и теоретико-множественных операций.

Изоморфизм означает тождественность законов организации систем качественно разнообразной природы, что, в случае их несравнимости, не может быть выражено с помощью простых количественных и пространственных характеристик.

Кроме прикладных способов, следует рассмотреть более абстрактные методы общей теории систем [175] и синергетики [180]. Отметим работы, посвященных исследованию общих закономерностей организации сложных открытых систем [42,144,214,249,250,261]:

- построение аксиоматических моделей открытых систем [262,263]. Модель Ю.А. Урманцева, так званая ОТС(У), анализируется в третьей главе; пока что укажем, что она использует классический математический аппарат и, следовательно, сталкивается со всеми указанными выше несоответствиями;
- имитация процесса отбора в ходе эволюции моделей, реализованная, в частности в методе группового учета аргументов А.Г. Ивахненко [89,90]. Здесь также применяется аппарат, основанный на общих аксиомах;

**Модели деятельности оператора** охватывают процессы восприятия, распознавания и принятия решения, предметно-функциональной деятельности [3,56,151, 195,233,253]. Оптимизационные мероприятия включают: улучшение антропометрической [284], информационной [56], технико-эстетичной [160,161,248,256,300] и т.д. совместимости; сокращение числа движений и уменьшения вероятности их ошибочности [252]; обоснованность требований профессионального отбора и обучения [4-8,70,154].

1. При моделировании процесса восприятия возникают осложнения, как связанные со сложностью самого процесса и внешних условий, так и с неотделимостью восприятия от субъективных психических характеристик и процессов (интуитивное восприятие, индивидуальные ассоциации, эстетичные впечатления и прочие [16,155,288]).

Их анализ показывает несоответствие характеристик моделируемых явлений (динамичность, нелинейность, небинарность, взаимозависимость, неоднородность), и аксиоматических основ применяемого математического аппарата (статичность, линейность, бинарность преобразований, независимость, однородность элементов).

2. Моделирование распознавания и принятия решения необходимо для совершенствования информационных и управляющих подсистем. Оно в наибольшей мере связано с исследованиями умственной деятельности [1,56,84,195], в том числе с проблематикой искусственного интеллекта [39,56].

Следует отметить, что *«несмотря на большое количество интересных отдельных результатов, проблема распознавания образов еще далекая от своего решения»* и что *«причина состоит в искусственном упрощении проблемы, когда она подменяется более простой задачей, удобной тем, что имеет пути решения, которые легко просматриваются»* [39,с.9]. В ходе этого упрощения реальная неоднородность, неаддитивность, несводимость, нелинейность и т.д. процессов, с тем или иным приближением, заменяется однородностью, аддитивностью, сводимостью, линейностью моделей. Это приводит к их неадекватности.

Например, существующие методы (в большинстве своих основанные на положениях теорий графов, формальных грамматик и структурного анализа) не позволяют описать и объяснить способности к не связанному с порогами восприятия группированию, наличия врожденных преимуществ восприятия (гештальтов) [14,237], присутствия подсознательного и интуитивного уровней распознавания. Вспомним также о проблеме дискретности восприятия, непостоянства признаков и непрерывности образа [39].

Использование методов, которые опираются на те же предпосылки, для моделирования процесса принятия решения [46,56,с.70-143], не позволяет описывать его интуитивные, инстинктивные и рефлексорные подсознательные составляющие.

3. Моделирование действий управления обычно основывается на теории стохастических графов [64,253,275,286,т.3]. Оптимизация состоит в сокраще-

нии длин ребер графов, соответствующих движениям оператора, с учетом вероятности ошибок и веса каждой из операций.

Этот аппарат не содержит способов увязывания рефлекторных реакций оператора и его психофизического состояния с весовыми коэффициентами операций и вероятностями ошибок (данные берутся из натуральных экспериментов).

**Проектирование и дизайн оборудования.** Актуальной остается проблема совершенствования компоновки информационной и управляющей подсистем, являющаяся частным случаем задачи оптимального размещения объектов [251].

Такие задачи рассматривались в ряде работ, однако без учета открытости, неоднородности, самоорганизации, и т.п. С другой стороны, существует набор эмпирических правил композиции [14,24,161,248], применение которых требует высокой квалификации проектировщика, поскольку, несмотря на отдельные успехи [41,54,144], в целом они не поддаются формализации. Невыясненным остается их обоснование.

2. Проектирование интерфейса является ключевым для обеспечения информационной совместимости. Такая совместимость возможна лишь тогда, когда в воображении оператора формируется целостный образ управляемого процесса, что включает прогноз тенденций его развития и мероприятия саморегуляции.

Примером является т.н. образ полета [21,22,76,84], включающий, кроме воспринятых органами чувств и переработанных в сознании или вне его показаний приборов и ощущений ускорения, интуитивные предсказания, характеристики психоэмоционального состояния, и т.д., с одной стороны, и идеальный образ цели и модели возможных действий в определенных ситуациях, с другой. Эти компоненты являются неоднородными, несравнимыми, неаддитивными и т.д., тем не менее они образуют целостный образ.

Следовательно, при выборе формы подачи данных и информационных кодов, необходимо обеспечить их согласованность и между собой, и с компонентами образа управления, то есть иметь целостную модель, выходящую за аксиоматических ограничений.

3. Улучшение внешнего вида устройств ЭС делает их более привлекательными, а значит, и конкурентоспособными. Эстетичное влияние является также средством управления психоэмоциональным состоянием оператора и прямо влияет на безопасность. Поэтому дизайнерская проработка - необходимый этап оптимизации [160].

Существующие методики применения разнообразных компонентов эстетического влияния (цвета [44,218,229,280], функциональной музыки [223] и т.д., в том числе доведенные до уровня стандартов [65]), разрознены и не содержат механизмов, которые позволили бы дать точный прогноз их влияния на технико-эстетическую совместимость, состояние оператора и уровень безопасности эргатической системы [248].

4. Нельзя считать разрешенной и проблему оценки эстетичности готовых систем. Применяемые вариации метода экспертных оценок [46,259] базируются

на системах показателей, не связанных с предметно-функциональными действиями оператора и методиками профессионального отбора, что делает оценки односторонними и непоказательными. Ранжирование же и увязка показателей возможны лишь в рамках целостной общей модели.

Таким образом, и в этом случае дело сводится к построению аппарата, адекватного определенным выше факторам.

**Исследование, отбор и подготовка операторов.** Определим, где целесообразным является применение геометрических моделей.

1. Проблема математического представления и обработки психологических и физиологических данных является достаточно многогранной. Наряду с хорошо разработанными разделами, такими, как статистическая обработка, есть и другие, развитие которых требует особого математического аппарата. К ним относится моделирование сенсорного (субъективного) пространства. Обычно он рассматривается как абстрактное множество элементов структуры личности с заданными, имеющими двоякую (объективную и субъективную) детерминацию, отношениями [153, с.23]. Реальное субъективное пространство имеет такие отличительные черты:

- не выполняются метрические аксиомы: симметрии ( $d(x,y)=d(y,x)$ ) и треугольника ( $x,y,z \in M \rightarrow d(x,y)+d(y,z) \geq d(x,z)$ ) [153, с.41]; можно указать и на примеры невыполнения аксиомы тождественности ( $d(x,y)=0 \Leftrightarrow x \equiv y$ ).

Так, при «преобразовании головастика в лягушку» (один из стандартных примеров в публикациях с распознавания образов [39]), качественный скачок происходит при накоплении некоторого числа признаков; к этому моменту  $d(x,y) \neq 0$ , но  $x \equiv y$ .

Вследствие субъектного влияния на процедуру измерения результаты могут быть одинаковыми при нетождественности личностных характеристик, то есть  $d(x,y)=0$ , но  $x \neq y$ .

- включаются разнокачественные, несоизмеримые элементы, изменяемые элементы, небинарные и неаддитивные операции; изменяется размерность и организация пространства, но при этом сохраняется его целостность;
- очень важное значение имеют внешние связи.

Часто для отображения характеристик применяется их представление в многомерном евклидовом пространстве [13,153]; связи выражаются как функциональные зависимости или с помощью номограмм [78].

Например, при обработке теста-опросника ЕРІ Айзенка выполняются такие операции. Ответы на вопрос («да», «нет») оцениваются как 0 или 1 в зависимости от совпадения с ключом. Проверяется правдивость (сумма баллов ответов на ключевые вопросы сравнивается с контрольными показателями). На плоскости вводится изотропная система координат с осями «интроверсия-экстраверсия» и «эмоциональная стабильность-нейротизм». Суммы баллов по двум группам вопросов интерпретируются как координаты точки, а ее положение определяет тип темперамента и иные характеристики [101, с.35-41].

Нетрудно увидеть, что при этом заранее предусматривается выполнение метрических аксиом, равнозначность ответов, неизменность размерности и фиксированность внешних связей (правдивость, социальное ожидание), что не

соответствует действительности и отрицательно отражается на точности результирующих оценок.

2. В имеющихся методиках профессионального отбора [5,70,154] ударение делается на определении соответствия операторов определенным из опыта эксплуатации профессиональным и психофизиологическим характеристикам. Для представления результатов, как правило, используются системы отнесения, основанные на системе координат евклидова пространства, игнорирующие их различный вес и неаддитивность. Обработка результатов сводится к статистическому группированию и последующему отбору операторов и не связывается с функциональной моделью ЭС в целом. Набор и параметры контролируемых характеристик, а также весовые коэффициенты не согласуются с условиями целостности. Прогноз поведения операторов при возникновении непредвиденных ситуаций не может быть оценен как надежный [82].

3. Аналогичные проблемы возникают при разработке методик подготовки и контроля деятельности операторов [71,91,142,247]. Отметим, что процесс обучения рассматривается с позиций целостности системы знаний [147].

Таким образом, обзор источников по вопросам моделирования и оптимизации как ЭС в целом, так и отдельных компонентов, выявил невозможность редукции общих моделей к совокупности частных моделей, а также и ряд проблем, связанных с антагонизмом между, с одной стороны, особенностями ЭС и, с другой, аксиоматическими основами применяемого математического аппарата. Это указывает на необходимость разработки аппарата моделирования, начиная от аксиоматических основ.

### **1.3. Монолитное строительство: развитие технологических систем**

Теперь перейдем к технологическим системам в строительстве, и рассмотрим, с какими проблемами сталкивается их исследование и совершенствование на примере монолитного строительства.

**Исторический обзор.** История железобетонного строительства теснейшим образом связана со свойствами используемого материала. Развитие технологии представляет, с одной стороны, реализацию основного преимущества железобетона – воспроизведения практически любых объемно-планировочных решений<sup>2</sup> и, с другой, борьбу с главным недостатком – высокой трудоемкостью изготовления изделий. При этом стоимость всегда оценивалась как приемлемая.

Поскольку указанное противоречие относится к свойствам материала, т.е. имеет фундаментальный характер, до настоящего времени не удалось создать единую технологическую систему, которая соответствовала бы достаточно широкому спектру объемно-планировочных решений, обеспечивая в то же время снижение трудоемкости без существенного роста затрат.

---

<sup>2</sup> В качестве иллюстрации можно привести тот факт, что первыми изделиями из железобетона стали вазоны и корпуса небольших судов – объекты весьма сложной формы.

По этой причине уже достаточно рано начали формироваться две технологические системы – монолитного (ориентация на разнообразие решений) и сборного (ориентация на снижение трудоемкости) строительства. Каждая из них характеризуется специфическими техническими решениями и организационными формами, а также определенным местом в строительной отрасли.

Преобладающими стали сборные технологии. Причины кроются в их большей индустриализации. Другие преимущества – унификация объемно-планировочных решений и конструкций, развитие стандартизации и т.д. также способствовали этому.

В бывшем СССР и других социалистических странах с плановой экономикой, жилищным строительством по социальным нормам, административно-командным управлением для сборного строительства сложились наиболее благоприятные условия. Это привело к формированию высокоорганизованных и хорошо исследованных технологических систем.

С течением времени, концепция сборного строительства стала рассматриваться как основная для строительства в целом, а ее особенности послужили отправным пунктом теоретических обобщений, технологических разработок, методов проектирования, организации производственных структур.

Индустриализация сборного строительства позволила в кратчайшие сроки организовать в 60-е годы массовое жилищное строительство – достижение, признанное во всем мире. Общеизвестным является и то, что уже к 80-м годам положение отрасли с точки зрения соответствия социальным потребностям, объема необходимых капиталовложений, эффективности производства, стало критическим. Весьма поучительно проследить причины столь быстрой деградации.

В условиях, когда государственная политика, основанная на бюджетном финансировании, распорядительных функциях и соблюдении жестких правил, была фактически направлена на обеспечение протекания процесса строительства как такового, образовались крупные территориальные монополии. Обеспечивая массовость «типового» строительства, они характеризовались большой инерцией в технологическом отношении и пассивностью в организационной и финансовой деятельности. Такая система характеризовалась рядом устойчивых отрицательных факторов:

- процессы жилищного строительства были излишне регламентированы противоречивыми СНиПами и постановлениями; избыточная последовательность этапов производства увеличила продолжительность инвестиционного цикла;
- финансирование, проектирование, строительство жилья осуществлялись государственными организациями. Отсутствие рыночных структур по реализации проектов, подрядов, недвижимости породило несовпадение интересов заказчиков, проектировщиков, подрядчиков и потребителей. Система жилищного строительства формировалась преимущественно исходя из интересов подрядчика –

монополиста. Имели место также проектная и эксплуатационная монополии;

- ориентация на типовые решения привело к крайней ограниченности номенклатуры проектов, материалов, вариантов базы строительной индустрии, отсутствию стимулов обновления изношенного и морально устаревшего парка техники.

В результате качество конечной продукции оказывалось низким, способность удовлетворять потребностям заказчиков, общая эффективность и восприимчивость к инновациям – невысокой.

Для более глубокого анализа необходим системный подход, в частности, общая теория систем [72, 150]. С этих позиций приведенные факты получают следующее объяснение. Излишняя регламентация, ограниченность организационных форм противоречат принципам самоорганизации и эволюции системы, ориентация на монопольные интересы – принципу открытости, неустранимость противоречий между компонентами показывает неразвитость обратных связей и игнорирование принципа изоморфности. Таким образом, система, обладая высокой организованностью, не стала целостной (эмерджентной) и открытой, что, в полном соответствии с теорией, привело ее к скорой гибели. Показатели падения объемов строительного производства при переходе к рынку (резкое изменение внешних условий, не сопровождаемое адекватной эволюцией системы ввиду ее замкнутости), просто подчеркнули это.

В свою очередь, это свидетельствует о методических недостатках практического использования широко декларированного системного подхода [113, 152, 214].

При такой организации отрасли способность монолитных технологий удовлетворять разнообразным объемно-планировочным решениям оказалась невостребованной. Их ниша вполне характеризуется условием невозможности применения сборного железобетона. Так, основной объем монолитного строительства определялся преимущественно потребностями возведения конструкций подземных частей зданий и сооружений и фундаментов под технологическое оборудование [56, 98].

В жилищном строительстве монолитный железобетон не имел применения в широких масштабах, так как организационно-технологический уровень возведения монолитных конструкций характеризуется большими затратами ручного труда при выполнении опалубочных и арматурных работ [38].

Другими областями применения монолитного железобетона были строительство в сейсмических районах, а также возведение общественных зданий по уникальным проектам. Примерами последних являются реконструкция БСА «Лужники», подземный комплекс на Манежной площади и т.д.

Итак, констатируем, что для области применения монолитного железобетона улучшения технологии способны дать большой экономический эффект лишь в том случае, если они в полной мере будут соответствовать принципу системности.

Отметим, что поскольку монолитное строительство никогда не рассматривалось в качестве приоритетного, степень организации его технологической системы, а также ее изученности, значительно уступают таковым для сборного строительства. Можно отметить, что классические работы А.А. Афанасьева [203], О.О. Литвинова [142], В.С. Абрамова [1, 23], С.С. Атаева [38], и др., посвященные монолитному строительству, исследуют отдельные аспекты технологии, организации и экономики, но не систему в целом.

Вместе с тем, многие общие проблемы технологии строительного производства являются актуальными и для монолитного строительства. К ним относятся:

- методология исследования;
- планирование и подготовка производства;
- моделирование технологических систем;
- оптимизация технологических процессов;
- автоматизация принятых решений.

Определим возможности расширения области монолитного строительства. Из вышеизложенного следует, что толчком к этому должны стать происходящие в настоящее время кардинальные изменения в жилищной политике.

**Перспективы монолитного жилищного строительства в свете современной жилищной политики.**

*Изменение форм собственности и условий хозяйствования.* Строительный комплекс объединяет десятки тысяч подрядных организаций, предприятий промышленности стройматериалов и стройиндустрии, проектных, научно-исследовательских институтов и других фирм, в том числе тысячи предприятий малого бизнеса.

За последние годы в странах СНГ утвердились многообразные формы собственности, изменились источники финансирования и инвестиционная деятельность. Радикально изменилась система управления: практически ликвидировано централизованное планирование, а влияние государства на развитие отрасли перестало быть командно-административным. Государственная политика осуществляется путем целевого финансирования, налоговой политики, нормативно-правовой регламентации и т.п. акций, оставляющих предприятиям отрасли значительную свободу хозяйственной деятельности.

В отрасли активно формируются финансово-промышленные группы, лизинговые компании, инжиниринговые фирмы. Доля негосударственного сектора в общем объеме подрядных работ постоянно возрастала и к 2003 г. стала преобладающей. Необходимо отметить, что выработке новых форм управления строительством способствовал открытый доступ к передовому зарубежному опыту.

Продолжают существовать три группы негативных факторов, сдерживающих развитие строительной отрасли:

- *экономические и финансовые*, к которым относятся уменьшения государственного финансирования сокращение финансирования, инфляция, неопределенная ситуация с окупаемостью проектов, хроническая за-



долженность за выполненные работы, дефицит собственных средств у подрядных организаций, недоступность, из-за высоких ставок, банковских капиталов. Абсолютный объем дебиторской и кредиторской задолженности строительных организаций, в том числе простроченной, остается недопустимо большим, более того, сохраняется тенденция к их росту. Несмотря на положительную динамику, неблагоприятной продолжает оставаться и ситуация с инвестициями. Доля предприятий, не осуществляющих инвестиции, увеличивается;

- *технологические и организационные*, к которым относятся низкий организационно-технологический уровень проектирования, недостаточное внимание к проблемам охраны труда, эргономики и экологии, консерватизм при внедрении передовых технологий в том числе из-за недостатка соответствующим образом обученных рабочих, дефицит подготовленного к работе в новых условиях менеджеров, наличие на балансе строительных организаций устаревшего и изношенного оборудования. Так, в сложном положении находятся базы подрядных строительных и монтажных организаций в части обеспечения их строительной техникой, машинами, механизмами, инструментом и средствами механизации. Имеющийся в отрасли огромный парк машин обновляется в год на 1-2% при норме 8-12%. Практически не приобретаются крупные экскаваторы, башенные краны грузоподъемностью 8-10 тонн, автомобильные краны. В то же время, сохраняется дефицит экскаваторов с емкостью ковша до 0,15 куб. м, самомонтирующихся башенных кранов грузоподъемностью 1,5-2,0 тонны, универсальных гидравлических кранов-погрузчиков грузоподъемностью 2-3 тонны, различной мини-техники [57];
- *политические и социальные*, к которым относятся падение реальных доходов населения (при их существенной дифференциации), нестабильность экономической политики, в значительной мере устаревшая нормативная база.

Главным приоритетом в строительном комплексе является жилищное строительство.

***Изменение целей жилищной политики.*** В условиях рынка жилье перестает быть предметом распределения и становится товаром. Соответственно, цели жилищной политики видоизменяются. В настоящее время они состоят в следующем:

- отказ от государственного обеспечения всего населения жильем согласно социальным нормам и свертывание государственного финансирования соответствующих программ жилищного строительства;
- отказ от государственной дотации оплаты коммунальных услуг и энергоносителей и постепенный переход к полной оплате их населением;

- реализацию права человека на достойное жилище по его собственному выбору посредством восстановления представления о жилье как о собственности и создания рынка жилья.

Достижение этих целей, более или менее явно декларируемых правительствами большинства постсоветских государств, предусматривает проведение соответствующей жилищной политики. Эта политика базируется на разнообразии форм собственности, свободном выборе гражданами способов обеспечения жильем, множественности путей удовлетворения спроса, дифференцированном подходе к социальному и частному жилью, адаптации мирового опыта, постоянной корректировке направлений в соответствии конъюнктурой, учете местных условий.

Для реализации жилищной политики необходимы разветвленный строительный рынок недвижимости, земельных участков, проектов, материалов, подрядов и эксплуатационных услуг.

Бюджетное финансирование ограничивается созданием жилья для социально незащищенных слоев населения. Государство переходит от поддержки граждан с недостаточным уровнем жилищного обеспечения к поддержке граждан с недостаточным уровнем дохода. Расширение использования средств населения для жилищного строительства предусматривает не только использование наличных средств, части ежемесячных доходов, но и поддержку сбережений населения на основе эффективных кредитно-финансовых механизмов. Следует отметить, что ипотечное кредитование пока не стало широко распространенным из-за неурегулированности правовой базы.

В градостроительной политике осуществляется переход городов на самофинансирование, возрастет роль генерального плана, регулирующего землепользование, повышаются экологические требования.

Для создания экономических предпосылок эффективной окупаемости капиталовложений государственной политикой предусматривается:

- реализация права частной собственности на землю;
- демонополизация строительного производства;
- уменьшение и переориентация социальной направленности дотаций;
- развитие частнопредпринимательской деятельности.

**Рынок жилья.** Оценка рынка жилья является исходным пунктом формирования как государственной политики в жилищном строительстве, так и бизнес-планов отдельных фирм. Платежеспособный спрос населения определяет структуру и характер направлений развития строительства. Другими факторами, влияющими на развитие рынка жилья, являются [57]:

- изменение концепции жилищного строительства, ориентация на удовлетворение различных потребностей – дешевого муниципального жилья, жилья эконом-класса и бизнес-класса, дорогого элитного жилья;
- повышение удельного веса реконструкции, в том числе в жилищном строительстве;

- ужесточение нормативов по теплоэффективности, изменение системы оплаты жилья и коммунальных услуг, роста цен на традиционную строительную продукцию;
- рассредоточение строительных объектов и увеличение числа мобильных строительных организаций.

**Изменения структуры строительства по конструктивным системам и этажности.** В соответствие с требованиями рынка, этажность и конструктивная система должны выбираться исходя из требований инвестора, конкретных условий строительства, расположения земельного участка, его геологии и рельефа, состояния производственно-сырьевой базы, рыночных цен на изделия, работы и других экономических, социальных и природных факторов. Поэтому целесообразность тех или иных решений в конкретном проекте должна выявляться на основе комплексной оценки затрат при различных технических и экономически возможных вариантах.

Объемно-планировочные и конструктивные решения монолитных жилых домов должны базироваться на анализе комплекса факторов, определяющих их целесообразность [54, 57].

Предпочтения потребителя обуславливают его материальное положение, социальный статус, род занятий, творческие склонности, планы, демографический состав семьи, местные и национальные традиции, природно-климатические и сейсмические условия местности и т.д. С учетом вышесказанного, предполагается развитие следующих систем жилых домов [35, 53, 54, 57]:

- для индивидуального строительства – одноэтажные, мансардные, двухэтажные и трехэтажные дома на основе легких конструкций из древесины, мелкоштучных материалов и других местных строительных материалов с эффективными утеплителями. В случае, если такие дома относятся к элитному типу, предполагается их индивидуальное проектирование с использованием достижений мировой архитектуры [54, 57] и строительство с применением наиболее передовых технологий и материалов, обеспечивающее наивысший уровень комфорта;
- для кооперативного, коллективного коммерческого строительства в зависимости от возможностей инвесторов и зон городов – малоэтажные, сблокированные жилые дома высотой до 4 этажей, секционные различной этажности и различных эффективных строительных систем (на первом этапе – на базе конструкций панельного домостроения);
- для социального жилищного строительства и жилья эконом-класса – типовые дома различных строительных систем и этажности, в том числе с применением индустриальных деталей панельного домостроения, с эффективными многослойными наружными конструкциями;

- для строительства жилья бизнес-класса – индивидуально спроектированные дома с высокими эстетическими качествами, расположенные в престижных районах, с повышенными требованиями к площади и комфорту квартир, построенные с применением передовых технологий и качественных материалов, с развитой инфраструктурой (паркинги или гаражи, магазины, службы быта, бассейны и фитнес-центры, охрана, кабельное телевидение, Интернет и т.д.);
- для строительства элитного жилья – реконструированная историческая застройка, спроектированные ведущими архитекторами высокоэстетические дома (возможно, с пентхаузами), в престижных районах, с индивидуальной планировкой и отделкой квартир, высоко развитая инфраструктура, применение наиболее качественных материалов и оборудования, «цифровой дом».

Указанные тенденции характерны и для всех постсоветских государств. Так, по данным Госстроя России [57] пропорции многоэтажного и малоэтажного строительства распределяются в следующем соотношении: 60% - многоэтажные жилые дома (требующие обязательной установки лифтов); 40% - малоэтажное строительство.

Эти условия наиболее полно учитываются при: застройке городов 17 - 30 этажными домами секционного типа, а в условиях низких объемов строительства и отсутствия развитой материально-технической базы – 1 - 2-х этажными домами с приусадебными участками; существенном развитии индивидуальное строительства; финансировании как потребителем, так и из бюджета (муниципальное жилье).

В странах с развитой рыночной экономикой доля монолитного железобетона значительно выше, чем в странах СНГ, и в настоящее время доходит до 55-80%.

Этому способствовали следующие факторы [114, 152]:

- разнообразие объемов и источников финансирования, а также потребностей заказчиков;
- наличие многочисленных конкурирующих проектных фирм, способствующее выработке разнообразных объемно-планировочных решений даже для аналогичных объектов (но и затрудняющее унификацию и стандартизацию) [136, 172];
- высокая стоимость земельных участков, что определяет преимущества высотных зданий [174];
- высокие расходы на строительство, когда повышается роль более низкой стоимости монолитного строительства по сравнению со сборным;
- заинтересованность фирм, производящих строительное оборудование и материалы в удовлетворении потребностей заказчиков и подрядчиков, а также применении инноваций.

Действие этих факторов приводит к образованию открытых, целостных, организованных систем, что и обуславливает эффективность производства. Парадоксально, но меньшая организованность, меньшая зависимость от индустриальной базы и даже меньшая изученность монолитного строительства становятся преимуществами, так как делают его технологию более восприимчивой к инновациям. Для конкретизации предмета исследования рассмотрим, где именно можно достигнуть наибольшего эффекта.

Объемно-планировочные и конструктивные решения монолитных жилых домов должны базироваться на анализе комплекса факторов, определяющих их целесообразность

Предпочтения потребителя обуславливают его материальное положение, социальный статус, род занятий, творческие склонности, планы, демографический состав семьи, местные и национальные традиции, природно-климатические и сейсмические условия местности и т.д. [131, 132].

Сравнительная оценка эффективности объемно-планировочных и конструктивных решений осуществляется по критерию минимальных финансовых затрат на 1 м<sup>2</sup> общей (полезной) площади с учетом продолжительности инвестиционного процесса [61, 117, 126, 131, 151]. Расчет материальных и финансовых затрат включает три основные группы технологических переделов, производство строительных материалов, строительство жилых домов и их эксплуатацию [128, 174, 209].

В группе производства строительных материалов учитываются затраты на проектирование и строительство заводов, а также систематическое обновление технологического оборудования; в группе строительства домов – на проектирование, коммуникации, строительные-монтажные работы; в группе эксплуатационных затрат – расходы на топливно-энергетические ресурсы, ремонт, эксплуатацию и т.п.

Сравниваемые объемно-планировочные и конструктивные решения должны быть сопоставимы по набору учитываемых затрат, потребительским качествам домов и обеспечивать соответствие условиям комфортности проживания людей [125, 127]. Для конкретных решений рассматриваются следующие основные виды затрат:

- стоимость материалов;
- трудозатраты;
- расходы на механизацию строительства;
- транспортные затраты;
- стоимость земли.

Качественными параметрами, обеспечивающими технико-экономическую сопоставимость различных объемно-планировочных решений, являются:

- отношение жилой площади к общей;
- отношение жилой площади к конструктивной;
- отношение жилой площади к строительству объема здания без подземной части, чердачного помещения и встроенных помещений;
- отношение площади балконов или лоджий к жилой площади;

- отношение площади встроенных шкафов к жилой площади;
- состав санитарных устройств: наличие водо-, газо-, тепло-, электро-снабжения и канализации, качество туалетных и ваннных комнат;
- наличие коммуникационных устройств: телефона, радио, спутникового (кабельного) телевидения, электронных сетей;
- тепло-, звуко-, воздухопроницаемость ограждающих конструкций;
- наличие гаражей и индивидуальных складских помещений в подземной части здания;
- гибкость внутриквартирной планировки.

Анализ существующих объемно-планировочных и конструктивных решений жилых домов позволяет определить три основных вида проектов: блок-секционных, блокировочных и индивидуальных домов [136].

По блоксекционным домам имеется набор объемно-планировочных решений, отвечающих требованиям рынка, однако их конструктивные решения являются энерго- и материалоемкими. В проектах блокированных домов количество и площади комнат в квартирах далеко от оптимальных; значительное число проектов предусматривает малую глубину корпуса дома, что приводит к удорожанию строительства и эксплуатации жилья. Для индивидуальных домов стоимость строительства наиболее высока.

При застройке территории индивидуальными, блокированными и блок-секционными домами учитываются градостроительные факторы [136]. При снижении этажности застройки и обеспечении приусадебными участками стоимость жилищного строительства значительно увеличивается [44,157].

Таким образом, комплексная застройка наилучшим образом соответствует спектру потребностей и для массового строительства. Оптимальными являются дома блокированного типа, при условии совершенствования планировки.

Необходимость максимального удешевления жилищного строительства диктует использование высотных домов.

Отношение периметра ограждающих конструкций к площади этажа характеризует удельный расход дорогостоящих наружных стеновых материалов и, косвенно, удельные теплопотери при эксплуатации. Индивидуальные дома с относительно малой площадью квартиры находятся в наиболее невыгодном положении, что приводит к повышенным расходам на отопление (в 1,8 - 2 раза); они предназначены для социальных групп с высоким уровнем дохода. Блок-секционные дома имеют отношение в среднем 1,5 раза больше, чем блокированные дома. Двух- и трех секционные дома, в свою очередь, хуже, чем четырехсекционные. Четырехсекционные блоки и являются предпочтительными.

Применение монолитно-каркасных жилых домов позволяет уменьшить расчетные нагрузки на элементы здания. Это приводит к сокращению расходов вяжущего материала, арматуры, уменьшению сечений элементов и позволяет использовать принципиально новые конструкции, обеспечивающие качественный скачок в экономии материалов и энергоресурсов.

Обращение к мировому опыту показывает, что при возрастании разнообразия объемно-планировочных и конструктивных решений предпочтение отда-

ется методу возведения жилых домов из монолитных железобетонных конструкций, так как он является более гибким и экономичным.

Таким образом, экономические и социальные преобразования изменили условия хозяйствования, потребовав от строительной отрасли большей организационной гибкости, скорейшего внедрения прогрессивных технологий проектирования и строительства, эффективной техники и материалов. Решение этих задач стоило больших жертв; последствия кризиса начала 90-х годов еще не преодолены. Одной из причин явилось отсутствие научной проработки предполагаемых изменений, а также целенаправленного государственного управления. Складывающиеся экономические, структурные и организационные формы строительной отрасли по-прежнему далеки от совершенства и их оптимизация требует серьезных научных исследований.

#### **1.4. Современная технология монолитного жилищного строительства**

Оценим, насколько готова существующая технология к увеличению объемов монолитного строительства. Для этого сознательно изменим уровень исследования и рассмотрим реальные производственные процессы.

**Технологические процессы.** Как известно, комплекс работ по возведению монолитных железобетонных конструкций состоит из специализированных процессов. К ним относятся:

- устройство и монтаж опалубки;
- заготовка и установка арматуры;
- приготовление бетонной смеси;
- транспортировка бетонной смеси;
- укладка и уплотнение бетонной смеси;
- уход за бетоном;
- демонтаж опалубки;
- геодезический контроль за бетонными конструкциями ;
- устранение дефектов конструкции после демонтажа опалубки.

*Арматурные работы* являются наиболее трудоемкими – до 40 – 50% от общих трудозатрат. Около 70% работ выполняется вручную непосредственно на стройплощадках. Имеется большое количество проектных решений с неповторяемыми и не унифицируемыми арматурными изделиями. Номенклатура арматуры на одной стройке насчитывает до нескольких тысяч единиц.

Необходимо снизить трудовые затраты на армирование непосредственно на стройплощадке путем переноса основных заготовительных процессов в производственные мастерские и арматурные цеха.

Основным оборудованием для изготовления отдельных арматурных изделий являются станки-автоматы для правки и резки арматуры и ножницы. Они обладают низкой производительностью и высокой стоимостью; установка этого оборудования на каждой стройплощадке нецелесообразна.

Необходимо повышение производительности станков за счет электронного управления, многоскоростного привода и сменных приспособлений, обеспечивающих работу при различных технологических условиях. Зарубежный опыт подтверждает это [38].

Уровень механизации арматурных работ на стройплощадке зависит от степени готовности арматурных изделий, а также оборудования, оснастки и приспособлений, способствующих сокращению ручного труда.

В монолитном строительстве механизация производства заключается в том, что трудоемкие работы выполняют с помощью специально подобранных комплектов машин, взаимоувязанных по производительности и другим параметрам. При этом обеспечивается непрерывность производства работ, рассматриваемых как механизированное поточное производство. Применение разрозненных средств механизации не позволяет поднять уровень эффективности бетонных работ.

**Опалубочные работы** занимают второе место по трудоемкости – до 35 – 40%; их стоимость доходит до 25% [29, 50, 189]. До последнего времени в монолитном строительстве применялась опалубка, изготавливаемая в основном кустарным способом с большими затратами ручного труда. В среднем, трудозатраты на изготовление и монтаж 1 м<sup>2</sup> щитовой опалубки составляют 1,7 – 1,9 чел/час, а оборачиваемость не превышает 7 – 10 оборотов. Основные причины высокой трудоемкости опалубочных работ заключаются в низком техническом уровне, отсутствии необходимого количества надежной многооборотной инвентарной опалубки, недостаточном качестве отдельных элементов опалубки.

Опалубку классифицируют по функциональному назначению. Различают опалубку для:

- вертикальных железобетонных конструкций;
- горизонтальных железобетонных конструкций;
- криволинейных поверхностей;
- наклонных поверхностей.

Для изготовления опалубки используют сталь, древесину и фанеру, в последние годы широко применяется пластмасса.

Одним из характерных показателей для материала опалубки является величина сцепления бетона с опалубкой: большое сцепление затрудняет работы по распалубке, ухудшает качество бетонных поверхностей и приводит к преждевременному износу опалубочных щитов.

Для обеспечения хорошего качества поверхности бетона, простого демонтажа опалубки и чистоты ее поверхности, формирующие поверхности опалубки выполняют из гладких плохо смачиваемых материалов, или применяют смазки.

В настоящее время имеются конструкции опалубок, позволяющие разрабатывать проекты с разнообразными объемно-планировочными и конструктивными решениями. В практике монолитного домостроения используются:

- инвентарная разборно-переставная мелкощитовая и крупнощито-



- вая опалубка;
- горизонтальная перемещаемая опалубка;
- блок-форма, неразъемная для фундаментов, разъемная;
- крупноблочная опалубка;
- объемно-переставная опалубка;
- скользящая опалубка;
- несъемная опалубка.

В последнее десятилетие получили широкое распространение опалубочные системы «МЕВА»; «МЮБА»; «НОЕ»; «ДОКА»; «АЛЮМОСИСТЕМ»; «ПЕРИ»; «ДАЛИ»; «ПАШАЛЬ»; «ХЮНЕБЕК»; «ПИЛОЗИ», благодаря которым эффективность строительства значительно возросла [71,72]).

Изучение их конструктивных решений показывает необходимость их совершенствования с точки зрения надежности крепежных элементов и уменьшения трудозатрат на монтаж и демонтаж, а также совершенствования методики расчета комплекта опалубки.

В зимнее время бетонные работы составляют более 40% от общего объема. Существующие системы опалубки невозможно применять в технологии зимнего бетонирования, так как не обеспечиваются нормальные условия для твердения бетона при отрицательных температурах наружного воздуха [64, 76, 77, 111]. Использование греющих щитов или других методов термообработки бетона с дополнительным утеплением опалубки является важным резервом повышения эффективности и качества производства [3, 4, 48, 205, 206, 228, 229].

**Бетонные работы.** Для получения качественных железобетонных конструкций необходимо применять бетонную смесь, обладающую свойствами, соответствующими технологии, прежде всего, удобоукладываемостью, подвижностью и водоудерживающей способностью.

Бетонную смесь получают, в основном, в готовом виде из бетонорастворных заводов, которые имеют возможность обеспечивать одновременно нескольких строительных площадок, расположенных в радиусе 30 – 35 км.

Способ транспортирования выбирают с учетом расстояния до завода, наличия и вида транспортных средств, свойств бетонной смеси. Наибольшее расстояние зависит от допустимого времени нахождения смеси в пути, состояния дорог, средней скорости транспортных средств. Способы транспортирования подразделяют на циклические, непрерывные и комбинированные [50, 98].

*Циклическое транспортирование* выполняют в две очереди:

- перевозка бетонной смеси от завода на строительную площадку;
- укладка смеси непосредственно в опалубку.

*Непрерывный способ* транспортирования бетонной смеси заключается в ее перемещении от места изготовления к месту укладки на транспортерах.

*Комбинированный способ* – это сочетание циклического перемещения бетонной смеси от завода на объект с последующей непрерывной ее подачей в опалубку транспортерами.

Для перевозки смеси широко используются автобетоносмесители.

Бетонирование является одним из наиболее ответственных этапов возведения монолитных железобетонных конструкций.

Затвердевший бетон трудно поддается исправлению, поэтому работы связанные с бетонированием, нужно выполнять особо тщательно. Бетонная смесь не только должна заполнить опалубку, принять ее конфигурацию и размеры, но и обеспечить получение высококачественной бетонной конструкции. Высококачественную железобетонную конструкцию можно получить при эффективном уплотнении бетонной смеси и создания оптимальных условий твердения бетона. Основным способом уплотнения бетонной смеси является вибрирование. По способу возведения на бетонную смесь различают глубинные и поверхностные вибраторы.

Существующая технология бетонных работ нуждается в совершенствовании. Его основным звеном является создание системного парка техники. Зарубежный опыт также свидетельствует о неполном решении этой проблемы. Так, ни одна из фирм, выпускающих строительную технику, не производит полный комплект средств механизации; согласование же машин и механизмов разных фирм представляет собой сложную задачу, ввиду различия показателей производительности, несовместимости стандартов и т.д. [38, 50, 114]. Немалый резерв кроется также в совершенствовании схем транспортировки бетонной смеси и организации специализированных бригад.

Таким образом, анализ существующих технологий и практического опыта показывает, что сложившиеся технологические и организационные формы монолитного строительства являются несовершенными, не способствуют достижению целей жилищной политики и нуждаются в улучшении по многим направлениям. Нельзя также говорить о высокой организации и тем более целостности технологической системы ввиду несогласованности ее отдельных компонентов. В частности, существующая детализация технологических процессов, основана на их пятеричной группировке [50, 142, 202, 203]. Классическое разделение комплексного строительного процесса на пять специализированных процессов не раскрывает особенности специализированных процессов и не позволяет правильно комплектовать специализированные бригады.

## **1.5. Технологическое проектирование**

Как известно, технологическое проектирование возведения монолитных железобетонных каркасных зданий включает в основном разработку проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР). Это сложный информационный процесс принятия решений в области технологии, организации и экономики [74, 126, 130, 166].

Существующая методика в основном охватывает область строительного производства, а такие задачи, как организация инвестиций, предпроектные и завершающие этапы строительства, включающие освоение жилья и окупаемость инвестиций [96, 122] остаются без рассмотрения. Необходимо привести в

соответствие состав, содержание и методику технологического проектирования с условиями рыночной экономики [130, 131].

Анализ существующей системы технологического проектирования выявляет ряд недостатков [83, 131, 132]:

- низкий уровень научно-технической подготовки исходных данных для технологического проектирования;
- невысокая надежность и технологичность проектных решений;
- отсутствие системы накопления и обработки статистических данных для получения аналогов с целью использования передового опыта;
- неполные технико-экономические обоснования принимаемых решений;
- отсутствие теоретических исследований;
- недостаточное качество и неполный объем разрабатываемых документов.

В работах [207, 219, 224, 230] показано, что в системе технологического проектирования возведения монолитных железобетонных конструкций не систематизированы методы производства работ, не разработана структура и содержание этих методов, отсутствуют критерии их дифференциации.

Таким образом, необходимо совершенствовать всю систему технологического проектирования возведения монолитных железобетонных каркасных жилых зданий.

Основными направлениями совершенствования должны стать:

- повышение качества рабочей документации;
- планирование использования комплекса средств малой механизации, ручных механических и электрических инструментов и автоматизации всего процесса;
- повышение теоретического уровня технологии возведения монолитных железобетонных конструкций;
- планирование повышения квалификации и обучения специалистов, организации их рабочего места и улучшение условий труда.

По каждому из перечисленных направлений имеются резервы повышения эффективности. Однако результатом совершенствования системы технологического проектирования должны стать новые методы разработки технологических решений, качественно отличающиеся от существующих.

Одним из главных путей совершенствования технологии возведения монолитных железобетонных конструкций является повышение теоретического уровня технологического проектирования. Анализ опыта технологического проектирования позволяет обобщить весь арсенал возможных технических и технологических средств, и на основе выявленных свойств и закономерностей определить перспективное направление технологического проектирования строительства монолитных железобетонных каркасных жилых зданий. Это – системное решение, связывающее производство монолитных работ с разработ-

кой прогрессивных технологий и технических средств по возведению монолитных железобетонных каркасных высотных жилых зданий.

Для определения особенностей технологического проектирования необходимо выделить элементы структуры, которые характеризуют возможные решения по строительству монолитных каркасных жилых зданий. Такая структура должна быть адекватна всему комплексу существенных особенностей возводимых монолитных конструкций и специализированных процессов.

Для выбора наилучших решений из их существующей совокупности целесообразно создать автоматизированную систему управления технологического проектирования, в состав которой обязательно должна войти мощная экспертная подсистема.

В ходе технологического проектирования возведения монолитных железобетонных каркасных жилых зданий необходимо организовать:

- поиск оптимального решения технологического проектирования;
- технико-экономическую оценку принятого варианта решения;
- выбор оптимального варианта комплексной механизации и их расчетов.

При этом совокупность параметров решения определяется на основе анализа существующих научно-технических источников [180, 181, 227, 241].

В структуре технологического проектирования основными являются:

- подготовительный раздел;
- выбор основных технических решений по технологии и организации производства работ;
- разработка вариантов возведения конструкций;
- построение графиков производства работ;
- составление строительного генерального плана;
- разработка технологических карт;
- разработка вариантов производства монолитных железобетонных работ в экстремальных условиях;
- разработка мероприятий по охране труда;
- определение технико-экономических показателей;
- составление пояснительной записки.

Для каждого раздела определяется состав укрупненных операций и действий, исполнителей, трудоемкость, себестоимость, возможность механизации, автоматизации и создание нормативной базы. Учет параметров осуществляется на основе анализа, синтеза и экспертной оценки их веса [60, 71, 99].

Под анализом понимается расчленение объекта на элементы, исследование их в отдельности. Синтез состоит в построении технологического процесса с заданными свойствами при наличии определенных ограничений из отдельных элементов. Необходимо отметить, что такое понимание противоречит системному подходу, поскольку целостная система не сводится к совокупности своих составных частей [72, 73, 247]; игнорирование этого приводит к неадекватности аппарата и объекта исследования.

В зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений зданий, создан большой арсенал технологий возведения монолитных железобетонных конструкций [54, 95, 98, 218].

Конкретный метод возведения необходимо рассматривать, как компонент целостной системы, имеющей постоянные и переменные составляющие. Необходимо изучить диапазон изменений каждой из них. К составляющим системы относятся: объемно-планировочные и конструктивные решения, организация, механизация, технология и управление. Каждая из составляющих также образует системы, включающие множества элементов и определенные правила обращения с ними. Использование этих правил, ограниченное условиями открытости, целостности, самоорганизации и т.д. системы, позволяет определять оптимальные варианты решений.

Таким образом:

1. Существующие технологии монолитного высотного жилищного строительства и системы технологического проектирования являются несовершенными, устаревшими, не учитывают мировой опыт и не отвечают создавшейся экономической ситуации и направлениям жилищной политики.

2. Методы совершенствования таких технологий и систем технологического проектирования разрозненны, теоретически разработаны недостаточно и не соответствуют как практическим потребностям, так и задачам работы ввиду отсутствия системности.

3. Системный подход к технологическому проектированию строительства монолитных жилых зданий должен основываться на разумном балансе теоретических и экспериментальных методов и обязательно быть апробированным в реальном строительстве. Только тогда возможна окончательная оценка эффективности разработанных на его основе решений.

4. Учет зарубежного опыта при технологическом проектировании и внедрении технологий и техники должен осуществляться творчески. Необходим анализ позитивных сторон (высокая механизация, четкая организационная структура, налаженные связи со смежниками), отрицательных аспектов (частое превышение проектной стоимости работ, а также их сроков) и местных условий (наличный парк техники, уровень квалификации персонала, уровень развития строительной индустрии в целом).

## **1.6. Проблемы моделирования технологических систем в строительстве**

**Классификация.** Как было показано выше, сложные системы в строительстве имеют ряд особенностей, выделяющих их из ряда других систем. Строительные системы относятся к искусственным системам, создаваемым для достижения определенных целей и функционирующих в условиях динамичной внешней среды. Таким образом, строительные системы являются открытыми.

Любая строительная система, начиная от бригады и кончая строительным комплексом в целом, является подсистемой системы более высокого уровня и, в

свою очередь, содержит ряд подсистем. Эти подсистемы неоднородны и могут быть отнесены к разным типам: организационным, эргатическим, автоматическим и др.; быть относительно простыми и сложными и т.д. Степень эмерджентности таких систем может быть весьма различна.

Необходимыми качествами строительных систем являются адаптивность к условиям внешней среды, гибкость структур, динамичность, способность к эволюции и финитность.

**Постановка задачи моделирования.** Моделирование сложных систем в строительстве неразрывно связано с их последующим использованием для обеспечения необходимых темпов, сроков и качества возведения зданий и сооружений при снижении трудовых, материально-технических и топливно-энергетических ресурсов и неблагоприятных воздействий на окружающую среду. При этом решаются следующие задачи [57]:

- прогнозирование и оптимизация параметров организации строительства (реконструкции), как единой системы создания предприятий, зданий и сооружений;
- разработка новых и совершенствование существующих форм и методов организации строительства (реконструкции);
- разработка научных принципов и методов технико-экономического обоснования рациональных технологических решений и форм организации работ подготовительного и основного периодов строительства (реконструкции);
- исследование эффективности использования машин, оборудования, установок, транспортных средств, мобильных зданий с определением областей их рационального применения;
- разработка научных принципов и методологии строительства крупных объектов и комплексов;
- формирование пакета программ организации строительства (реконструкции), технологии и механизации строительно-монтажных работ.

Прогнозирование и оптимизация параметров организации строительства основано на концепции единой системы создания предприятий, зданий и сооружений. Ключевым здесь является понятие *системы*, конкретизируемое, в зависимости от направленности и объекта исследования, как отраслевой или региональный строительно-производственный комплекс, АСУ ТП и т.д.

Цели создания такой системы (повышение эффективности производства, увеличение восприимчивости к инновациям и т.д.) полностью соответствуют задачам монолитного высотного жилищного строительства. Оценим ее структуру с позиций общей теории систем.

**Открытость и самоорганизация системы.** Включение в состав системы научных исследований, опытно-конструкторских работ, установление обратных связей между производственными и предпроизводственными стадиями, ориентация не на отдельные объекты, а на весь строительный комплекс являются позитивными изменениями по сравнению с предлагавшимися ранее кон-

цепциями. В тоже время, не прослежены конкретные механизмы влияния окружающей системы – экономической ситуации, строительной политики и т.д. – на ее организацию, не указаны условия, необходимые для самоорганизации системы – наличие собственной индустриальной базы, свободных финансовых средств, резервов и запасов и т.д., не определены функции управления.

**Целостность системы** понимается как несводимость ее свойств к совокупности свойств отдельных компонентов математически выражается как неаддитивность соответствующих моделей. Наличие одних только обратных связей недостаточно для создания целостной системы. Необходимо обеспечить изоморфность организации системы и подсистем, определить иерархию структур, наличие определенных числовых закономерностей между показателями структур разных уровней, использовать симметрии и законы сохранения при взаимодействии компонентов. Аналогичные исследования, проведенные для биологических и эргатических систем [53, 54], показывают необходимость существенной коррекции математического аппарата.

Отдельно выделим проблему **качественной неоднородности структур разных уровней**, прямо следующую из неаддитивности системы. Необходимо объединение структур каждого уровня с присущими им специфическими функциями и процессами. Следующим шагом должна стать разработка целостной системы показателей эффективности и надежности, также разбитой на качественно неоднородные уровни. Однако, эта проблема решается большей частью на эмпирическом или директивном, но не теоретическом уровне.

**Адаптивность системы.** Связь адаптации системы с ее оптимизацией, роль влияния на это внешних факторов и внутренних структур системы, в частности, использование высвобождаемых в результате ликвидации ресурсов для поддержки инноваций, должно быть исследовано дополнительно. Анализ временных рядов основных характеристик системы является здесь одним из основных методов.

**Методы исследования и моделирования сложных систем в строительстве.** Совершенствование монолитного строительства необходимо рассматривать как системную трансформацию, проводимую на основе фундаментальных научных исследований в условиях качественно изменившейся экономической ситуации. Фактически, это означает необходимость создания технологических основ монолитного строительства. Решение этой проблемы является актуальными, как в научном, так и в прикладном аспектах. Существуют немалые резервы совершенствования технологии монолитного строительства.

Как уже отмечалось, парадигма исследования монолитного строительства разработана недостаточно. Однако имеются более общие методология и методы исследования технических систем и строительного комплекса, которые могут быть адаптированы к условиям монолитного строительства. Это же относится и к методам общей теории систем, системно-структурного анализа, многокритериальной оптимизации. Дадим критический анализ имеющихся достижений в этой области.

Изучению разных областей технологии строительства посвящены многие работы. Они опираются на различные теории и методы, в частности, функциональных систем, математического моделирования, вероятностно-статистического исследования, структурного анализа, проектирования технологии и организации строительства, решения многокритериальных оптимизационных задач [36, 44].

Существующая методология исследования технологии, технологического проектирования и перспективно-технологического планирования [47, 57] в целом принимается автором; отдельные уточнения рассматривались в [52, 77]. Частные методы исследования, а именно, вероятностно-статистические, аналитико-эвристические, структурного анализа, проектирования технологии и организации строительства нуждаются в коррекции применительно к монолитному жилищному строительству. Необходима также разработка новых методов.

Исследование существующих технологий, методов проектирования и планирования осуществляется с использованием следующих методов: аналитико-эвристических (в частности, экспертных оценок), вероятностно-статистических, структурного анализа.

Производится их адаптация к условиям монолитного жилищного строительства, состоящая в точном определении областей применения, коррекции процедур подбора и оценки квалификации экспертов, обработки и представления данных исследования, обосновании допустимых погрешностей.

## **1.7. Проблемы оптимизации технологических систем в строительстве**

**Направления оптимизации.** Повышение *качества организации* достигается за счет формирования промышленно-строительных процессов возведения объектов в виде технологических узлов, собираемых отраслевыми и территориальными непрерывными потоками из комплектов унифицированных элементов и блоков, отвечающим требованиям полной заводской готовности, комплектной поставки и монтажной технологичности с достижением высокого уровня автоматизации и комплексной механизации строительно-монтажных работ [57]. При этом необходимы:

- совмещение материально-технических ресурсов и максимального переноса работ со строительной площадки в сферу промышленного производства;
- развитие мобильных форм концентрации мощностей строительных организаций с широким использованием экспедиционной, вахтовой и экспедиционно-вахтовой организации труда.

Конечной продукцией капитального строительства как отрасли материального производства является готовая строительная продукция – введенные в действие мощности и площади предприятий, зданий и сооружений. Для созда-



ния этой продукции необходимы трудовые ресурсы, средства производства, а также временные, финансовые, природные и энергетические ресурсы.

Трудовые ресурсы, воздействуя с помощью средств труда на предметы труда, создают производственный процесс, используя для этого эффективные формы организации строительного производства – специализацию, кооперирование, концентрацию.

*Специализация* отражает уровень общественного разделения труда и включает два основных направления развития – отраслевую и технологическую.

Отраслевая специализация предусматривает создание территориальных строительных организаций, специализированных на возведении объектов для определенных отраслей народного хозяйства. Так, например, в промышленном строительстве к отраслевой специализации относятся: возведение металлургических, машиностроительных, угледобывающих, химических и других предприятий.

Технологическая специализация включает специализацию строительных организаций по выполнению определенных видов работ – земляные работы, монтаж строительных конструкций, отделочные работы, общестроительные работы и др.

Специализация позволяет на стадии подготовки строительного производства определить рациональную структуру трудовых ресурсов, состав средств труда, мероприятия по повышению напряженности труда и снижению трудоемкости работ, а на этапе осуществления строительства эффективно использовать трудовые ресурсы и средства труда при широком применении индустриальных методов производства работ.

*Кооперирование* представляет собой форму взаимодействия участников возведения предприятий, зданий и сооружений. В строительстве получает развитие внешнее кооперирование (установление производственных связей между генподрядной и субподрядными организациями, строительными организациями и предприятиями стройиндустрии) и внутреннее кооперирование (производственные связи внутри). Кооперирование дает возможность на стадии подготовки строительного производства определить максимальное совмещение периодов строительства, установить сроки открытия фронта работ и организовать комплектную поставку материалов, конструкций и оборудования и на этапе осуществления строительства выполнить значительный объем работ на раннем этапе, создать непрерывные долговременные потоки и обеспечить своевременную комплектную поставку материалов, конструкций и оборудования.

*Концентрация* создает необходимые условия для внедрения новой техники, эффективного распределения ресурсов во времени и по объектам строительства за счет наращивания мощностей строительных организаций и промышленных предприятий. Концентрация позволяет на стадии подготовки строительного производства определять необходимую мощность строительных организаций (с учетом трудовых ресурсов и средств труда), заблаговременно

создавать нормальные производственные и санитарно-бытовые условия. На этапе осуществления строительства концентрация позволяет обеспечивать эффективное распределение и взаимодействие во времени трудовых ресурсов и средств труда, а также использовать для нужд строительства мобильные комплексы из инвентарных зданий и постоянные здания и сооружения.

Применяемые формы организации строительного производства, постоянно взаимодействуя между собой, выражают через свои характеристики, правила соединения трудовых ресурсов, средств труда и предметов труда. Поскольку производственный процесс представляет собой перемещение трудовых ресурсов, средств труда, предметов труда, а строительная продукция является продуктом труда, то каждый момент обработки предметов труда определяется соответствующим состоянием трудовых ресурсов и средств труда, т.е. оценка организации строительного производства является функцией ресурсных  $R$ , временных  $T$  и пространственных  $P$  параметров [57]:

$$H(R, T, P) = F(R(r_\phi), T(t_\tau), P(\Pi_\psi)) \quad (1.1)$$

Граничные условия этой функции определяются физическим смыслом развития производственного процесса.

Начальные условия отражают исходное состояние трудовых ресурсов, средств труда и предметов труда, т.е. их состояние до начала производственного процесса:

$$\begin{aligned} R(O) &= R_0 \\ T(O) &= T_0 \\ P(O) &= P_0 \end{aligned} \quad (1.2)$$

Конечные условия определяют степень реализации цели, т.е. выпуск готовой строительной продукции и рост производительности труда:

$$\begin{aligned} R(r_\phi)_{/t=tm} &= R_{\phi/t=tm} \\ T(t_\tau)_{/t=tm} &= T_{\tau/t=tm} \\ P(\Pi_\psi)_{/t=tm} &= P_{\psi/t=tm} \end{aligned} \quad (1.3)$$

Отметим, что по форме и по существу (1.1-1.3) реализуют теоретико-множественный подход к моделированию сложных систем. Недостатки этого подхода отмечались выше.

(1.1-1.3) адаптированы по отношению к строительному производству, и их параметры имеют другой смысл. Так, состояние производственного процесса между начальными и конечными условиями оценивается показателями ритмичности, равномерности, непрерывности и интенсивности производства работ, отражающими эффективность деятельности строительной организации. А так как рост производительности труда позволяет получить дополнительный объем строительной продукции, то, следовательно, напряженность труда, как

эффективное потребление рабочей силы по квалификации и фонду времени, представляет важнейший фактор влияния организации строительного производства на рост производительности труда и темпы выпуска готовой строительной продукции. Естественно, что затраты труда должны включать и потери в производительности труда, обусловленные различными перерывами, а также неравномерной загрузкой рабочих и т.п.

Основными направлениями сокращения затрат труда в строительном производстве являются снижение трудоемкости работ, повышение интенсивности труда, формирование рационального состава работающих и улучшение условий труда и отдыха [12, 47, 57].

*Снижение трудоемкости* за счет технических и технологических факторов рассматривается как исходное условие для разработки организационных решений.

*Повышение интенсивности труда* предусматривает максимальное использование трудовых ресурсов по времени и квалификации, а также включает мероприятия по полному использованию средств механизации, повышению качества работ, ликвидации всех видов потерь, укреплению трудовой дисциплины и др.

*Формирование рационального состава работающих и улучшение условий труда и отдыха*, являясь по содержанию в основном организационными, предусматриваются, как правило, на стадии подготовки строительного производства.

Интенсивная организация строительного производства состоит в определении и реализации условий эффективного соединения труда со средствами и предметами труда, обеспечивающих согласованное во времени и пространстве быстрое превращение материалов, конструкций и оборудования в готовую строительную продукцию при минимальных затратах живого труда на строительной площадке.

Для реализации этого используется программно-целевой метод планирования с формированием целей развития строительного производства и разделения их на подцели локального характера [57]. Принципиальная структурная модель совершенствования организационного механизма представляется в виде динамической системы с распределенными ресурсными, временными и пространственными параметрами на этапах проектирования, планирования, материально-технического обеспечения и осуществления строительства.

В модели объектом управления является процесс создания строительной продукции с этапами планирования капитального строительства, проектирования, планирования организации работ, материально-технического обеспечения и осуществления строительства. При этом вектором, задающим воздействия, являются социально-экономические цели общества и требования научно-технического прогресса.

В качестве управляющих воздействий приняты комплексные и целевые программы развития индустриального строительства объектов, которые формируют свои параметры в зависимости от текущей оценки состояния процесса

создания продукции. Настройка этих параметров должна осуществляться только на основе результатов оптимизации процесса создания строительной продукции, охватывающих как подготовительный, так и основной периоды строительства.

Основные требования к результатам оптимизации включают [57]:

- достижение согласованности действий всех организаций, участвующих в проектировании, планировании, финансировании строительства, производства строительного-монтажных и пусконаладочных работ, материально-техническом обеспечении при строительстве и реконструкции предприятий, зданий и сооружений;
- обеспечение единства и устойчивости организационных решений, вырабатываемых исходя из равномерного ввода зданий и сооружений в эксплуатацию с учетом внутренней компенсирующей реакции на возмущения вне строительной системы и внутри ее при выполнении плана;
- создание условий для планомерной в процессе строительства (реконструкции) подготовки к освоению проектных мощностей предприятий, зданий и сооружений.

Важнейшими задачами формирования и выбора эффективных организационных решений:

- нормирование объема подготовительных работ, обеспечивающего строительство объекта запроектированными темпами;
- опережающая инженерная подготовка территории строительных площадок;
- совершенствование методов организации индустриального возведения объектов на основе выделения технологических узлов и формирования непрерывных долговременных потоков;
- определение режимов надежного применения трудовых и технических ресурсов с регулированием параметров при равномерном и неравномерном распределении ресурсов.

**Критерии и методы оценки качества организации строительства.** Организационные решения разрабатываются в целях обеспечения ритмичного ввода в действие производственных мощностей и основных фондов в установленные сроки на основе непрерывной и равномерной загрузки производственных мощностей строительных организаций, определяемых наличием трудовых ресурсов, оснащенных средствами и предметами труда.

Проработка и выбор организационных решений осуществляются в проектах организации строительства и проектах производства работ, а также в документации по организации работ при подготовке строительной организации к строительству всех объектов, предусмотренных производственной программой.

Основные требования к организации строительного производства сводятся к разработке рациональных организационных решений, направляемых на достижение высоких технико-экономических показателей строительства, и

обеспечению единства и устойчивости таких решений в течение всего инвестиционного цикла создания объекта.

В настоящее время в области организации строительного производства не существует единого подхода как в методах, так и в выборе критериев оценки организационных решений [57]. Используемые для этой цели параметры можно объединить в три группы.

*Первая группа* включает продолжительность строительства, себестоимость продукции, уровень специализации и механизации, стоимость производственных фондов и оборотных средств строительной организации. Эти показатели отражают влияние всей совокупности факторов строительной системы, включая и факторы организации строительного производства, технологии и механизации строительно-монтажных работ, и, в конечном счете, характеризуют развитие всей сферы строительного производства.

*Вторая группа* содержит показатели объема внедрения поточных методов, уровень поточности, объем внедрения узлового метода. Указанные показатели фиксируют степень внедрения прогрессивных форм и методов организации строительного производства и не могут служить в качестве объективной обобщающей оценки организационных решений.

*Третья группа* включает непрерывность, совмещение, ритмичность, интенсивность возведения зданий и сооружений, а также производные от этих показателей – простой фронта работ, удельная длительность работ, параллельность процессов и др. Относительные измерители таких показателей имеют значительный разброс, что не позволяет в комплексе однозначно оценить уровень решений организации строительного производства.

Эффективное использование трудовых ресурсов, машин и механизмов, мобильных (инвентарных) зданий, транспортных средств и др. в строительном производстве достигается благодаря взаимной увязке строительных потоков при выпуске строительной продукции. Такая увязка обеспечивает необходимую интенсивность, совмещение и непрерывность строительных потоков, а следовательно, и выпуска строительной продукции. Чем качественнее увязка организационных решений, тем выше уровень использования ресурсов строительного производства. В этой связи любой метод ориентируется прежде всего на интенсификацию строительно-монтажных процессов на основе единства решений проектирования, планирования и осуществления строительства.

Таким образом, основная задача организации строительного производства заключается в создании на строительной площадке условий, обеспечивающих эффективное использование рабочего времени. Показателем использования рабочего времени является трудоемкость строительной продукции.

Применительно к строительной организации трудоемкость учитывает все затраты строительных и других рабочих, а также дополнительные затраты труда (например, в зимнее время). Кроме того, трудоемкость в пределах годового планирования строительной организации отражает и уровень внедрения прогрессивных технологических процессов.

Показатели трудоемкости строительной продукции непосредственно зависят от уровня организации строительного производства. Несогласованность организационных решений ведет к сбою ритмичности производства, вызывает простой трудовых ресурсов и строительной техники, увеличивая тем самым фактические затраты рабочего времени на выполняемый объем продукции.

Уровень организации строительного производства определяет отклонение фактической трудоемкости от плановой. Так, если фактическая трудоемкость единицы строительной продукции равна или меньше плановой, а все строительные процессы выполнены в заданной технологической последовательности, то принятые организационные решения эффективны. Сравнение затрат труда целесообразно осуществлять поэтапно на стадиях:

- проектирования (прогнозируемые затраты труда сравниваются с базисным уровнем);
- текущего планирования (плановые затраты труда сопоставляются с базисным и прогнозируемым уровнем);
- производства строительного-монтажных работ (фактические затраты труда сравниваются с базисным, прогнозируемым и плановым уровнем).

Такое сравнение при условии обеспечения сопоставимости показателей позволяет проследить степень изменения организационных решений по всему инвестиционному циклу.

**Математический аппарат оптимизации.** Рассмотрим вначале особенности классического математического аппарата многокритериальной оптимизации применительно к монолитному строительству.

Многообразие требований, предъявляемых к технологии, делает практически невозможным выбор варианта, лучшего по всем оценочным показателям. Поэтому комплексная (многокритериальная) оценка, дающая возможность нахождения оптимального решения  $A^0$ , базируется на следующих двух положениях [27, 36, 55]:

- искомое решение должно принадлежать множеству допустимых решений  $\bar{A}$ ;
- искомое решение должно минимизировать вектор оценочных показателей  $\bar{X}$  при имеющихся ограничениях.

Таким образом, модель комплексной (многокритериальной) оценки организационно-технологических решений представляется в виде:

$$A^0 = \{a^0\} = \cup_{a \in A} \varphi^{-1}(\text{opt}(x(a), \lambda)) \quad (1.4)$$

При этом возникает ряд проблем концептуального характера:

- определение областей компромисса или областей допустимых решений;
- определение схемы и аксиоматики компромисса;
- нормализация оценочных показателей;
- учет приоритетности показателей.

Если противоречия между оценочными показателями нестрогие, возможен выбор варианта с оптимальными значениями всех показателей, и задача выбора решается в границах области согласия  $A^s$ . Практически этот случай почти не встречается – хотя бы два из конечного множества оценочных показателей строго противоречивы.

Поэтому приходится решать задачу выбора рационального варианта, характеризующегося экстремальными для конкретной ситуации значениями оценочных показателей. Для этого необходимо выделить область компромиссов (область решений, оптимальных по Парето), в которой любое решение  $a \in A$  нельзя улучшить без ухудшения качества хотя бы одного оценочного показателя, то есть если  $a \in A$ , то для двух оценочных показателей:

$$X_1(a) > X_1(a^1), X_2(a) < X_2(a^1), \text{ или } X_1(a) < X_1(a^1), X_2(a) > X_2(a^1) \quad (1.5)$$

Поиск области компромисса осуществляется ее выделением на основе собственных свойств:  $(a, X) \rightarrow A$ . В области компромисса для выбора рациональных решений используется математическая модель в пространстве оценочных показателей, основанная на принципе оптимальности: решение  $a$  лучше решения  $a^1$ , если  $X(a) \geq X(a^1)$ .

Модель для выбора рациональных решений имеет вид:

$$X^0 = \{X / X \in X, \{X^1 / X^1 \geq X\} \cap X \neq \Phi\} \quad (1.6)$$

Определение области компромисса является формальной задачей, которая решается известными математическими методами: аппроксимации, направленного поиска, адоптированного поиска и другими [10, 25, 29, 59], описанными в первой главе.

На практике часто недостаточно определить область компромисса, а требуется найти одно или несколько конкурентоспособных решений. Выбор и сравнение их качества в области компромисса возможны только по определенной схеме и по соответствующему этой схеме принципу оптимальности.

Возможны два различных подхода к выбору схемы компромисса: аналитический и аналитико-эвристический. Оба базируются на понятии аксиоматики компромисса, под которой понимается определенное количество аксиом, строго регламентирующих выбор схемы, на основании которого осуществляется упорядочение пространства оценочных показателей и выбор оптимального решения  $a^0$ . После введения аксиоматики компромисса, задача принятия решения становится строго формализованной, а выбор оптимального решения превращается в чисто техническую задачу.

Основной проблемой многокритериальной оценки технологии строительства монолитных домов является введение аргументированной аксиоматики и процедуры поиска оптимальных решений:

$$S \rightarrow D \rightarrow optX \rightarrow X_0 \rightarrow a_0, \quad (1.7)$$

где  $S$  - конкретная ситуация, в которой осуществляется выбор варианта решения;

$D$  - аксиоматика компромисса.

Ситуация  $S$  влияет на выбор аксиоматики компромисса  $D$ , на основании которой, в свою очередь, определяют схему компромисса  $optX$ , после чего производится отыскание оптимального решения  $X_0$  и  $a_0$ .

Имеется несколько путей решения задачи с нормализованными оценочными показателями при не установленном приоритете – принцип равенства, принцип равномерности, последовательного максимина, абсолютной и относительной уступки [59]. Ключевой проблемой является нормализация оценочных показателей, то есть приведение их к сопоставимому виду.

Нормализация сводится к преобразованию матрицы результатов  $P=[X_{ij}]$  с разноразмерными величинами оценочных показателей в матрицу  $\bar{P}$  с их нормализованными величинами, выполняемому методами нормализации векторов, трансформации шкалы, по величине отклонения от идеального значения [59]. Широко применяется метод экспертных оценок [29], в общем виде представленный в первой главе.

Его сущность заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с качественной и количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов. Комплексное использование интуиции и логического мышления позволяет получать удовлетворительные решения многих трудноформализуемых задач.

Множество задач, решаемых методом экспертных оценок, включает задачи, обеспеченные достаточной информацией и задачи с недостатком информации для уверенности в достоверности результатов. Выбор оптимальных технологических решений относится к первым. В этом случае основные трудности состоят в правильном подборе экспертов, построении рациональных процедур опроса и применении адекватных методов обработки результатов опроса.

Методы опроса и обработки результатов базируются на принципе «хорошего» измерителя, подразумевающего выполнение следующих условий:

- эксперт располагает большим объемом рационально обработанной информации, и поэтому может рассматриваться как источник качественной информации;
- групповое мнение экспертов близко к истинному решению.

Если эти условия справедливы, то при разработке процедур опросов и обработке результатов могут быть использованы положения теории измерений и математической статистики, в частности ранжирование, парное сравнение, последовательное сравнение, непосредственная оценка.

Применение названных методов предполагает, что имеется конечное число сравниваемых объектов  $O_1, O_2, \dots, O_n$  и сформулированы один или несколько показателей  $I_1, I_2, \dots, I_m$ , по которым производится сравнение. Поэтому методы теории измерений отличаются только процедурой сравнения, включающей построение отношений между сравниваемыми объектами, выбор функции



отображения объектов на числовую систему и определение типа измерений. Рассмотрим вкратце применяемые методы.

*Ранжирование* представляет собой выполняемую экспертом процедуру упорядочения оцениваемых объектов, при которой эксперт, опираясь на свой опыт, располагает сравниваемые объекты в порядке предпочтения. Если среди сравниваемых объектов нет эквивалентных, то между ними существует только отношение строгого порядка, обладающее свойствами:

- несимметричности: если  $O_i > O_j$ , то  $O_j > O_i$ ;
- транзитивности: если  $O_i > O_j$ ,  $O_j > O_k$ , то  $O_i > O_k$ ;
- связности:  $O_i > O_j$ , или  $O_j > O_i$ .

В результате сравнения получается упорядоченная последовательность  $O_1 > O_2 > \dots > O_n$ , образующая серию, которой соответствует числовая система, где отношение порядка трансформируется в отношении «больше чем» или «меньше чем». На практике обычно применяют числовое представление упорядоченной последовательности сравниваемых объектов в виде натуральных чисел  $r_1, r_2, \dots, r_n$  – рангов объектов.

Если среди сравниваемых объектов есть эквивалентные, составляется упорядоченная последовательность, содержащая отношения эквивалентности:

$$O_a > O_b > O_c \sim O_d > \dots O_{n-1} \sim O_n, \quad (1.8)$$

При групповом экспертном оценивании  $i$ -й эксперт присваивает  $j$ -му объекту ранг  $r_{ij}$ . В результате получается матрица рангов  $r_{ij}$  размерности  $n \times m$ , где  $m$  – количество экспертов, участвующих в оценивании ( $i = \overline{1, m}$ ),  $n$  – число оцениваемых объектов ( $j = \overline{1, n}$ ).

*Парное сравнение* представляет собой процедуру сравнения возможных пар сравниваемых объектов с целью установления между ними отношений порядка или эквивалентности.

*Непосредственная оценка* представляет собой процесс приписывания объектам числовых значений в пределах 5-ти, 10-ти и 100 бальных шкал.

*Последовательное сравнение* является комплексной процедурой, включающую ранжирование и непосредственную оценку объектов.

Репрезентативность результатов зависит от количества и компетентности специалистов. Решающее значение для обеспечения достоверности результатов экспертного оценивания имеет их обработка.

Получение групповой экспертной оценки путем суммирования индивидуального оценок с весами компетентности и значимости показателей при изменении свойств оцениваемых объектов основывается на гипотезах о выполнении частного принципа Парето (оцениваемые объекты не различимы в групповом отношении, если они не различимы во всех индивидуальных оценках) и аксиом теории полезности фон Неймана-Моргенштерна [159]:

*Если  $P_1, P_2, P_3$  - произвольные распределения  $P_1, P_2, P_3 \in \mathcal{P}$ ;  $a$  – некоторое число  $0 < a < 1$ , то  $P_1 < P_2$  только в том случае, если*

$$aP_1 + (1-a)P_3 < aP_2 + (1-a)P_3 \quad (1.9)$$

Если  $P_1, P_2, P_3$  – произвольное распределение  $P_1, P_2, P_3 \in \mathcal{D}$ , причем  $P_1 < P_2 < P_3$ , то всегда найдутся два числа  $0 < a < 1$  и  $0 < \beta < 1$ , для которых  $P_1 < aP_2 + (1-a)P_1$  и  $P_3 > \beta P_2 + (1-\beta)P_1$ .

Коэффициенты компетентности экспертов вычисляют в зависимости от степени согласованности индивидуальных и групповых оценок.

Оценочные показатели имеют различную значимость, которая может измениться. Например, значимость трудоемкости меняется в зависимости от демографической ситуации и уровня оплаты труда. Поэтому одной из проблем оптимизации являются учет приоритетности показателей.

Основными характеристиками приоритетности являются: ряд предпочтительности, вектор приоритетов, вектор значимости. Наиболее распространены методы определения предпочтительности оценочных показателей на основе потерь показателей, энтропии и метода экспертных оценок [36, 54].

Таким образом, имеется достаточное количество методов оптимизации. Их недостатком являются сложность практического применения и аппарат, основанный на аддитивной теории множеств, что противоречит неаддитивности сложных систем.

Последнего недостатка лишены теоретико-экспериментальные методы, заключающиеся в моделировании эволюции систем, вплоть до такого преобразования их структуры, которая наилучшим образом соответствует задаваемым внешним условиям. Такое соответствие определяется путем численных экспериментов, и, в некоторых случаях, теоретически. Их применение позволяет обойти и другие проблемы, присущие классическим методам оптимизации (сложности нормализации показателей, определение предпочтительности, квалификация экспертов, технические сложности вычислений и т.п.). Однако они не адаптированы для технологии монолитного строительства и, как правило, являются очень трудоемкими.

Таким образом, анализ мирового опыта создания ЭС и ТС показывает, что разработка методов их моделирования продолжает оставаться актуальной. Подтверждается наличие проблем, связанных с неадекватностью аксиоматических основ существующих моделей. Это еще раз показывает, что решению прикладных задач должно предшествовать решения теоретических проблем на аксиоматическом уровне. Не существует принципиальных запретов на реализацию такого подхода, который основан на построении аксиоматической модели открытой системы. Такое построение требует не только изменения соответствующих аксиом, но и иных компонентов существующей парадигмы - способов описания и методов исследований. Рассмотренные источники подтверждают возможность и важность такого исследования, его тесная связь с теоретико-множественными парадоксами, содержат фактические и методические основа-

ния его проведения. Разнородность структур и процессов ЭС и ТС создает широкое поле для разработки различных моделей и преобразований. В свою очередь, невозможность редукции моделей вследствие неаддитивности систем, требует наличия единой методики их построения, основанного на сценариях самоорганизации системы.

Обзор научно-исследовательских работ в области проектирования эргатических систем и возведения монолитных железобетонных каркасных зданий подтверждает необходимость разработки новых методов многокритериальной оптимизации. Соблюдение условий целостности в этом случае может рассматриваться как цель оптимизации, что дает возможность разработать новую стратегию оптимизации. Следовательно, исследование в вышеупомянутых направлениях, потенциально свободное от ограничений и недостатков существующих разработок, является перспективным.

Распространенность систем различной степени сложности в природе, технике, обществе и изоморфизм их свойств предоставляет возможность использования предсказаний теории самоорганизации и в других, не связанных с эргономикой и строительством, областях.

## Глава 2. ПОСТРОЕНИЕ АКСИОМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С- ПРОСТРАНСТВА

Проведенное выше сравнение свойств сложных систем с характеристиками используемого для их моделирования и оптимизации математического аппарата показало их несоответствие уже на аксиоматическом уровне. На уровне приложений существующего аппарата к исследованию сложных систем в эргономике и строительстве это несоответствие проявляется вновь, являясь первопричиной различных недостатков существующих моделей.

Возможным выходом является разработка нового аппарата и новых стратегий оптимизации, адекватных свойствам сложных систем – в этом случае есть надежда избежать теоретических несоответствий для неаддитивных систем, что будет иметь важное практическое значение.

В этом случае приходится решать, в сущности, парадигматическую проблему, связанную не только с переопределением аксиоматики, но влекущую разработку специфических методов исследования и средств описания. Изложим основные идеи, относящиеся к созданию математического аппарата и теории самоорганизации сложных систем.

### 2.1. Аппарат

Целью является построение геометрической системы  $G=(E,O,R)$ , где  $E$  – непустое множество геометрических объектов,  $O$  – совокупность операций  $o_i: E^{m_i} \rightarrow E (i \in I)$  и  $R$  – совокупность отношений  $r_j \subseteq E^{m_j} (j \in J)$ , заданных аксиомами, адекватными свойствам сложных открытых систем, а также разработка соответствующих средств описания и методов исследования. Такая постановка обусловлена составом существующей геометрической парадигмы. Составные части парадигмы, для предотвращения противоречий, должны быть согласованы; таким образом, аксиоматические переопределения обязательно должны сопровождаться сменой методов исследований и средств описания. Новые методы, средства и аксиомы также должны быть согласованы на основе единой методической концепции, отличной от существующей. Эти замечания обуславливают следующий перечень задач:

- разработка методов исследования;
- определение границ существующей парадигмы;
- определение средств описания, в частности, понятийного аппарата;
- построение аксиоматической системы, которая определяет новые  $E, O, R$ .

**Методы исследования ЭС.** Обзор литературы и анализ нерешенных проблем моделирования сложных систем, проведенный в предыдущих главах, определил направления, цели и порядок проведения исследования. Он является последовательным: сначала разрешаются теоретические проблемы, затем, на основе полученных данных, строятся модели и решаются конкрет-

ные практические задачи. Каждый шаг обусловлен результатами предыдущего.

Как уже отмечалось, необходимым условием совместимости системы является ее целостность. Это требование является императивом и для методов исследований, поскольку без этого не будут целостными модели, и будет иметь место несоответствие свойствам реальных систем. Таким образом, методы должны не просто иметь общую основу в предпосылках и ограничениях, но и быть реализациями единой общей методики для частных случаев исследования, так, как показано на рис.2.1.

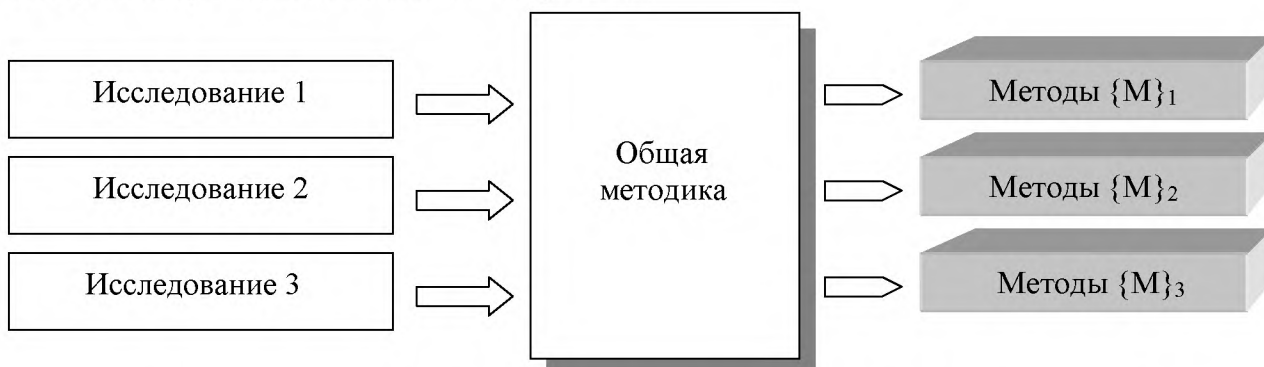


Рис. 2.1. Взаимосвязь задач, методики и частных методов исследования  
**Методы исследования ТС.** Изучение, оценка и оптимизация технологической системы монолитного строительства осуществляются на основе системного подхода. Организация, эволюция и функционирование системы во внешней среде описываются с позиций общей теории систем.

При исследовании отдельных структур и процессов системы принимается существующая методология изучения строительных технологий.

Разработка новых методов исследования, адаптация и модификация существующих направлены на придание им качества системности так, чтобы они вписывались в системный подход, принятый в данной работе. Это же относится и к стратегии оптимизации технологической системы.

Принципиальным моментом является то, что задачи совершенствования технологической системы являются научно-прикладными и предусматривают как теоретическое исследование проблемы, так и внедрение обоснованных решений в практику монолитного строительства. Оценка эффективности базируется на результатах внедрения. Внедрение рассматривается как крупномасштабный производственный эксперимент.

Исследование существующих технологий, методов проектирования и планирования осуществляется с использованием следующих методов: аналитико-эвристических (в частности, экспертных оценок), вероятностно-статистических, структурного анализа.

Производится их адаптация к условиям монолитного строительства, состоящая в точном определении областей применения, коррекции процедур подбора и оценки квалификации экспертов, обработки и представления данных исследования, обосновании допустимых погрешностей. Принимается методика исследования технологии возведения объектов строительства [207, 220, 221], адаптированная к условиям монолитного строительства.

Совокупность используемых методов обеспечивает комплексное исследование существующих технологий строительства, проектирования и планирования. Данные, получаемые в результате исследования, обрабатываются в зависимости от уровня и функций той или иной структуры технологической системы. Они имеют разную весовую ценность для обеспечения ее целостности и функционирования в гармонии с внешним окружением.

Моделирование технологической системы основано на применении графоаналитических методов, а именно:

- для отображения структуры системы используется граф, вершины которого представляют структуры, а ребра – их связи;
- для представления относительных весов структур разных уровней и их количественных характеристик применяются специальные диаграммы;
- для описания функций системы используются аналитические зависимости.

Исследование динамики изменения оценочных показателей системы основано на сопоставлении временных рядов их изменений; краткосрочный прогноз поведения системы – на экстраполяции этих данных с учетом вероятностных характеристик.

Обоснование системы оценочных показателей производится, исходя из следующих положений:

- целостной технологической системе монолитного высотного жилищного строительства должна соответствовать система показателей, структура которой определяется организацией системы;
- вес обобщенного оценочного показателя, характеризующего систему или структуру высшего уровня по отношению к низшим, больше, чем сумма весов частных показателей (следствие неаддитивности системы);
- конкретные веса обобщенных и частных показателей определяются по результатам экспертного опроса;
- отбор экспертов, процедура определения их квалификации, процесс обработки результатов опроса подчинены принципу системности и определяются структурой технологической системы.

В целях соблюдения указанных положений разрабатываются новые методы оценивания или производится адаптация известных, если их применение оказывается возможным.

Известные методы решения многокритериальных оптимизационных задач по рассмотренным в первой главе причинам не всегда могут быть использованы для совершенствования технологической системы монолитного строительства.

Поэтому разработана инновационная стратегия оптимизации, которая не является чисто математической и может быть отнесена к теоретико-экспериментальным методам.

Разработка технологических и организационных решений осуществляется в русле инновационной стратегии оптимизации с целью обеспечения ее целостности и соответствия внешним требованиям, как главных условий эффективности. Определение «узких мест» существующих технологических и организационных решений осуществляется на основе системно-структурного анализа и экспертного опроса. Специфика анализа соответствует условиям монолитного строительства.

Автоматизация выбора решений производится исходя из того, что создаваемая АСУ должна быть:

- соответствующей структуре технологической системе монолитного строительства;
- интерактивной;
- графической.

Поэтому при разработке ее концепции используются идеи объектно-ориентированного программирования (инкапсуляция, наследование, полиморфизм).

Таким образом, методы, используемые для исследования и оптимизации технологических систем, демонстрируют известное сходство с методами исследования ЭС. Это служи основанием для их общей классификации.

**Классификация методов.** Используемые методы делятся на три группы в соответствии с задачами каждого из этапов исследования.

Сначала определяется парадигма работы, следовательно, необходимо указать средства описания, конструирования и верификации. Для этого следует: 1) установить границы между областями использования существующих и новых средств, как реализациями разных геометрических представлений, и 2) зафиксировать новые представления в виде аксиоматической модели. Это осуществляется с помощью теоретических методов, соответственно, границ и аксиоматического.

В ходе следующего этапа решаются задачи конструирования геометрических объектов с необходимыми качествами, а также разрабатываются средства их представления в удобной наглядной форме. Необходимыми являются методы интуитивного конструирования, графов, проекционных отображений. Все они являются конструктивными.

Потребности моделирования структур и взаимодействий ЭС и ТС и решения оптимизационных задач, требуют применения нескольких частных методов, описывать которые удобнее при рассмотрении конкретных задач. Однако все они находятся в границах одной парадигмы и основаны на прогнозах теории самоорганизации. Проверка результатов базируется на использовании материалов экспериментальных исследований, экспертных опросах и т.д. Ключевую роль при переходе от условных однородных величин, рассчитанных для различных сценариев самоорганизации, к физическим единицам и величинам экспериментальных данных, играет метод калибровки. Используемые на этом этапе прикладные методы характеризуются как теоретико-экспериментальные.

Классификация методов сведена в таблицу 2.1.

Таблица 2.1. Разрабатываемые методы исследования сложных систем

Методы		Задачи	Средства верификации
Теоретические	границ	Исследование существующей парадигмы; обоснование аксиом	проверка полноты и непротиворечивости для определенного класса задач
	аксиоматический	построение аксиоматической модели C- пространства	
Конструктивные	интуитивного конструирования	разработка теории самоорганизации	Определение возможности реализации построений; Сравнение предсказаний теории и реальных свойств систем; сравнение инвариантов моделей
	графов	построение объектных моделей	
	проекционных отображений		
Прикладные	калибровки	Определение единиц измерения и значения параметров моделей	данные экспериментов и опросов; учет нормативных данных
	теоретико-экспериментальные	Решение многокритериальной оптимизационной задачи с неоднородными критериями оптимизации; комплексная оценка качества технологических систем	

## 2.2. Средства описания

Необходимо, во-первых, определить общий метод определения границ парадигмы и, во вторых, использовать его для определения адекватных средств описания.

**Метод границ.** Поскольку качества ЭС не соответствуют свойствам пространства (глава 1), то, в соответствие с принципом дополнительности Н. Бора, исследование следует проводить на основе дополнительной парадигмы, которая определяется из отрицания существующей.

Следовательно, алгоритм метода границ следующий:

- определяются составные части исходной парадигмы и ее понятийный аппарат, а также способы выведения геометрических суждений;
- вводятся метапонятия, которые обобщают существующие (реализация описанного в первой главе подхода Тарского). Направление обобщения определяется характеристиками реальных открытых систем. Совокупность метапонятий составляет определенную концепцию, которая должна быть реализована в виде аксиоматической модели;
- для метапонятий, как и для каждого из компонентов парадигмы, исследуются и явно формулируются *границные условия*, выход за



пределы которых приводит к парадоксам. При этом повторяемость условий для различных составных частей парадигмы является свидетельством целостности исходной парадигмы;

- граничные условия заменяются противоположными; полученные таким образом условия дополнительности являются граничными для всех новых средств, определяя пределы использования, структуру и состав новой парадигмы. Удовлетворение этим условиям для всех ее компонентов означает целостность новой парадигмы, если исходная также была целостной;
- позитивный смысл аксиом определяется, исходя из свойств сложных систем.

Поскольку доказательство полноты и непротиворечивости аксиоматических систем является теоретически невозможным, граничные условия и условия дополнительности могут быть установлены лишь для определенного класса задач. Отсюда следует, что и средства верификации являются чисто практическими если в ходе решения задач не возникает потребности в новых положениях, средствах описания и методах, то граничные условия считаются правильно определенными для рассматриваемого класса задач.

«Технология» метода границ, таким образом, опирается на опыт построения аксиоматических систем. Так, переход от геометрии Евклида к геометрии Лобачевского происходит посредством замены 5-го постулата на противоположный; это же относится, например, к неархимедовой геометрии; тот же принцип положен в основу классификации геометрий по Келли-Клейну, и т.д.

Теперь реализуем первые два пункта; они являются общими для всех компонентов, поэтому в дальнейшем будут уточняться свойства компонентов, но не вводятся новые метапонятия.

**Метапонятия.** Для пояснения метапонятий используем модифицированные – трехмерные – диаграммы Венна (Эйлера) и проекционные методы построения изображений. Действительны следующие соглашения:

- объекты показываются как объемные тела; границы – как линии;
- неоднородность объектов – как их пространственная разделенность;
- субъективные представления – как проекции объектов;
- связи – как триады объект – аппарат проецирования – проекция;
- расщепления – как диады объект – проекция или проекция – проекция.

*Относительная однородность* (рис.2.2) необходима для моделирования компонентов разной природы. Объекты *относительно однородны* (рис.2.2а), если некоторые из представлений о качествах одного из них входят в состав представлений о другом. *Относительная однородность* сопоставляется с *неоднородностью* (рис.2.2б) (не одно из представлений о качествах одного из объектов не может быть использовано для описания других) и од-

нородностью (рис.2.2в) (одинаковые представления могут быть использованы для описания всех объектов).

Поскольку речь идет именно о представлениях, а не о самих объектах, возможна понятийная неразличимость и связанное с ней искажение смысла или значения понятий, что показано, как преобразование объекта 1 в объект 2 на рис.2.2г.

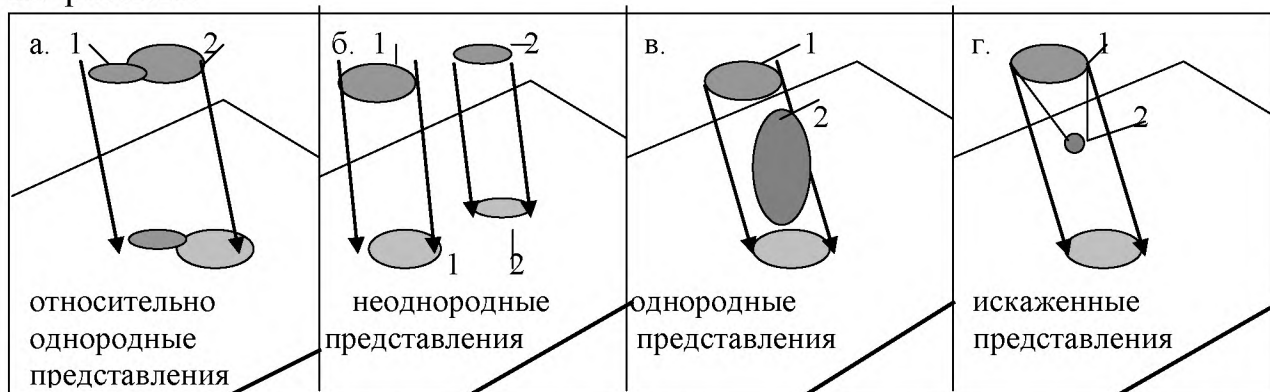


Рис. 2.2. Относительная однородность

*Целостность* (рис.2.3) отражает факт несводимости ЭС к свойствам компонентов. Рассмотрим отношение *целого и части* (рис.2.3а). *Границей* будем называть неимманентную целому систему представлений об этом отношении. Если целое является целостным, выделение частей возможно лишь с помощью введения границ извне. Тогда соотношения характеризуют

**Свойство 2.1.** *Совокупность частей и границ относительно однородна целому.*

**Свойство 2.2.** *Целое не может быть выражено частными и граничными понятиями.*

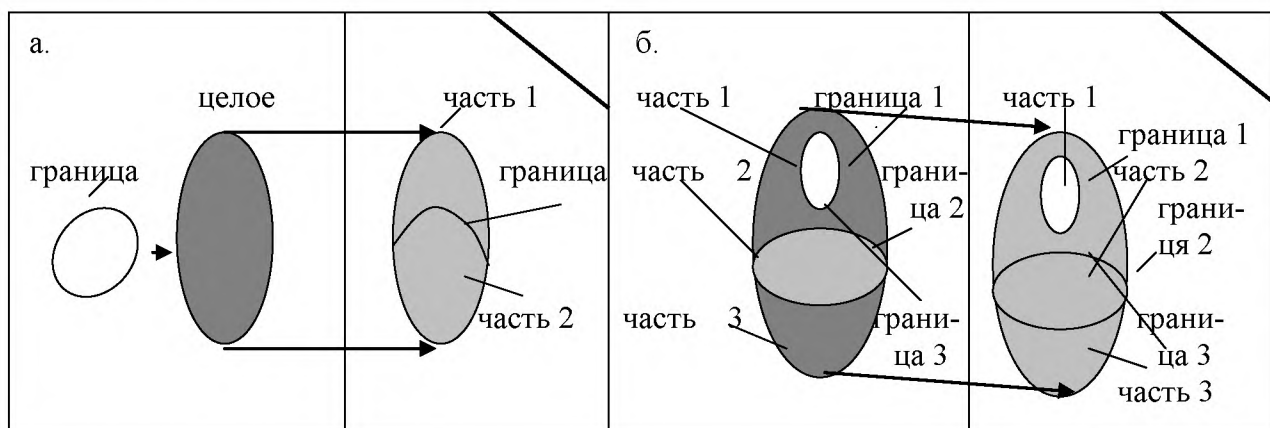


Рис. 2.2. Целостность

Целостность противопоставляется аддитивности (рис.2.3б), обусловленной наличием имманентных границ. В этом случае соотношение части и целого задают

**Свойство 2.3.** *Совокупность частей и границ однородна целому.*

**Свойство 2.4.** *Целое выражается совокупностью частных и граничных понятий.*

*Открытость* (рис.2.4) соответствует одной из важнейших характеристик сложных систем. Назовем целостное целое, обладающее свойством все-

общности, *универсумом* ( $У$ ). Универсумом является вся Вселенная. Рассмотрим отношения частей — *субъекта* ( $С$ ), *объекта* ( $О$ ) — и  $У^1$  (рис. 1. 1).  $С$  и  $О$  одновременно связаны с  $У$  отношением целостности (т.к. не существуют вне его) и отделены от  $У$ , поскольку не являются им. Поэтому имеют место свойства 2.1 и 2.2. Но границы не могут быть привнесены извне, поэтому их необходимо определять как следствие распада  $У$  на  $С$  и  $О$  в ходе его эволюции. Они образуют сущностно обособленный компонент — *граничное С-пространство* ( $Сп$ , ?) — в триаде  $С-Сп-О$ ; его характеризует

**Свойство 2.5.** *Сп является открытым пространством; его существование возможно только в как компонента триады  $С - Сп - О$  в результате распада универсума.*

Открытость  $С$ - пространства и его обусловленность существованием  $С$  и  $О$  (т.е. относительная однородность  $У, С, О$  в соответствии со свойством 2.1.) противопоставляется *неграничности* пространства (однородного самому себе – свойство 2.2.), определенного независимо от внешних по отношению к нему факторов.

Следующие характеристики обусловлены приведенными выше. Они также коррелируют с перечисленными в первой главе свойствами сложных систем.

*Двойственность.* (рис.2.5). Рассмотрим отображение  $С \leftrightarrow О$  (рис.2.5а). Согласно свойству 2.5., после распада  $У$  имеются только  $С, О$  и  $Сп$ , следовательно,  $Сп$  является аппаратом этого отображения. Будем называть его *тернарной связкой* ( $ТЗ$ ) и обозначать

$$У \rightarrow (С, ТЗ, О), \tag{2.1}$$

подчеркивая обусловленность всех компонентов. Выясним смысл  $ТЗ$ .

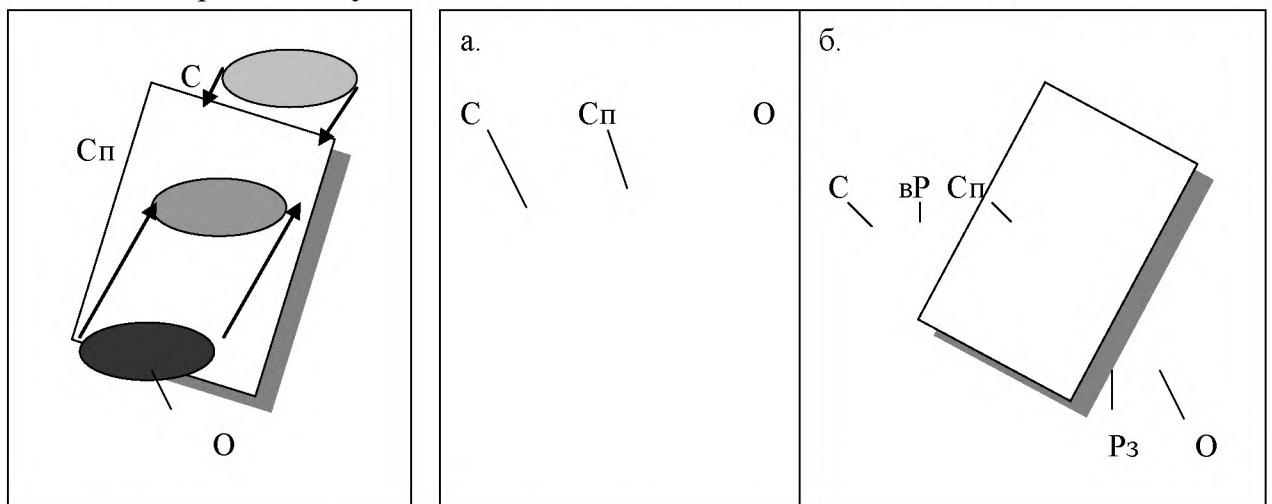


Рис. 2.4. Открытость

Рис. 2.5. Двойственность

Поскольку  $Сп$  лишь относительно однородно  $С$  и  $О$ , они тождественны во всех отношениях, кроме тех, которые определяются  $Сп$ . Таким образом,

<sup>1</sup>  $С$  и  $О$ - абстракции, не несущие конкретной семантической нагрузки (как  $x$  и  $y$ ), что допускает разные интерпретации в зависимости от условий конкретной задачи.

Сп выделяет из  $U$  и определяет  $C$  и  $O$ , указывая на различия между ними. На рис.2.5а это показано так: односторонность бутылки Клейна (тождество) сохраняется, несмотря на присутствие линии самопересечения (различия, выражаемые Сп).

Рассмотрим отображения  $C \rightarrow Sp$  и  $O \rightarrow Sp$  (рис.2.5б). Целостность (2.1) нарушается:  $C$  и  $O$  не связаны друг с другом и связаны с границей лишь проективно. Имеет место проекционный схематизм [37] Сп относительно  $C$  и  $O$ . Таким образом, ТЗ не тождественна композиции отображений, что на рисунке показано как нарушение односторонности бутылки Клейна разрезании; на проекциях тождество также нарушено; будем трактовать их как *расщепление* ТЗ. Это рассуждение суммирует

**Свойство 2.6.** *Сп является двойственным, выражаясь как аппарат ТЗ при отображении (2.1) и проекция  $C$  или  $O$  при отображениях  $C \rightarrow Sp$  и  $O \rightarrow Sp$ .*

Двойственность Сп противопоставляется разделенности понятий *образ и проекция* и *аппарат проецирования*.

*Взаимозависимость.* Вследствие свойства 2.5, любое изменение Сп обусловлена согласованным действием внешних факторов;  $C$  и  $O$  как бы разрешают или запрещают те или иные изменения. Далее, возможность осуществления изменений обусловлена их отсутствием в уже имеющейся структуре Сп; следовательно, зависит от структуры и состояния Сп в целом. Это возможно при присутствии для множеств и элементов Сп (*C- множества, C-элементы*) качеств *изменчивости и протяженности*, а для операций (*C-операций*) – *небинарности и неаддитивности*.

**Свойство 2.7.** *Компоненты Сп зависят от внешних факторов и друг от друга, что проявляется как протяженность и изменчивость C- множеств и C- элементов и небинарность и неаддитивность C- операций.*

Взаимозависимость компонентов Сп сопоставляется с *дискретностью* компонентов неограниченного пространства.

*Характеристики расщеплений ТЗ* (рис.2.6). Будем называть *внутренним расщеплением* ( $vP$ ) соответствие субъект – граница (рис.2.6а). Имеет место

**Свойство 2.8.** *Граница является относительно однородной C; сущность понятий субъективна.*

Назовем *внешним расщеплением* ( $Pz$ ) соответствие граница – объект (рис.2.6б). Его характеризуют

**Свойство 2.9.** *Граница относительно однородна O; смысл понятий объективен.*

**Свойство 2.10.** *Для  $vP$  и  $Pz$  возможно искажение смысла понятий..*

*Дискретной граничной моделью* (ДГМ) будем называть совокупность представлений в Сп с относительно однородными границами; *непрерывной граничной моделью* (НГМ) – совокупность представлений или понятий Сп, границы которых однородны. Отметим, что здесь непрерывность не тождественна целостности.

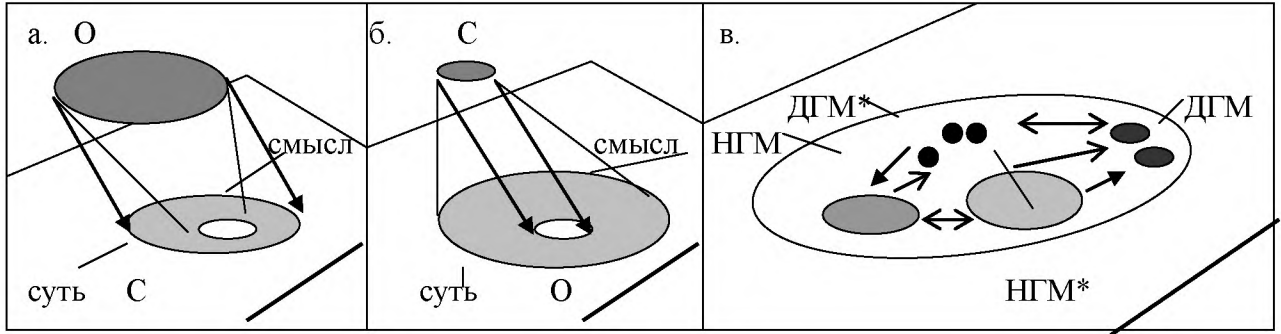


Рис. 2.6. Характеристики расщеплений ТЗ

Граничным оператором назовем соответствие между ДГМ и НГМ (Г-оператор; на схемах и диаграммах –  $\xrightarrow{\Gamma}$  или  $\xleftarrow{\Gamma}$  при тождестве). Тогда отношения внутри  $Sp$  (рис.2.6в) характеризуются таким свойством.

**Свойство 2.11.** Допустимыми являются те и только те соответствия представлений в  $Sp$ , которые определяются схемами (2.2-2.5):

$$(синтез): \sum_{i=1}^{\infty a} \{ДГМ_i\} \rightarrow НГМ \quad (2.2)$$

$$(анализ): НГМ \rightarrow \sum_{j=1}^{\infty a} \{ДГМ_j\} \quad (2.3)$$

$$(проецирование): НГМ \xrightarrow{\Gamma} НГМ^*, ДГМ \xrightarrow{\Gamma} ДГМ^* \quad (2.4)$$

$$(отождествление): НГМ \xleftarrow{\Gamma} НГМ^*, ДГМ \xleftarrow{\Gamma} ДГМ^*, \quad (2.5)$$

где  $\infty_a$  обозначает суммирование в соответствии с абстракцией актуальной бесконечности.

Поскольку результат зависит только от исходных данных и алгоритма соответствия, Г- операторы сравнимы с аддитивными и бинарными преобразованиями.

Теперь присутствуют все предпосылки для исследования составных частей существующей парадигмы. Начнем со средств описания, останавливаясь лишь на основных выводах; детальнее этот материал представлен в [127,с.14-41].

**Выбор подходящих языков.** Необходимо рассмотреть возможности формального, алгоритмического и естественного языков [114,171,173].

**Определение граничных условий.** Свойства формального и алгоритмического языков. Поскольку средства алгоритмических языков ограниченнее средств формальных языков  $M_\Phi$ , рассмотрим их вместе. Построение  $M_\Phi$  проследим на примере наиболее часто используемого языка 1-го порядка [59]. Она имеет такие уровни организации.

а. Символы. Набор символов языка включает обозначения предметных переменных –  $x, y, z...$ ; функциональных –  $f, g, h...$  и предикатных –  $P, Q, T...$  символов. Если каждая из переменных имеет свое множество допустимых

значений, язык называется многосортным (например, язык теории типов); чаще область изменений является общей для всех переменных (односортный язык).

б. *Имена*. Из предметных переменных и функциональных символов строятся термы – имена в теории, связанные с объектами лишь конвенционально.

в. *Атомарные (элементарные) формулы*. С использованием предикатных символов из термов образуются атомарные формулы вида  $P(t_1, \dots, t_n)$ ,  $n > 0$ , означающие, что объекты  $t_1 \dots t_n$  связаны соотношением  $P$ .

г. *Формулы и правила вывода*. Из атомарных формул при помощи кванторов и пропозициональных связок строятся неэлементарные формулы, которые превращаются в конкретные высказывания при задании модели исчисления (непустой области объектов с заданными предикатами). Фиксируются правила вывода, регламентирующие допустимые комбинации кванторов и пропозициональных связок при образовании новых формул или при преобразовании одних формул в другие. Чаще всего, эти правила основаны на законах формальной или интуиционистской логики, иногда включают требования эффективности и возможности алгоритмического разрешения, а также некоторые ограничения, например, запрет рекурсии.

Отсюда, *граничные условия формальных языков*  $\Gamma_{Mф}$  выражаются следующим образом:

**Условие 2.1.**  $\Gamma_{Mф}$ :

- *элементы, имена, формулы – ДГМ;*
- *отношения – однородности, свертки (до  $\infty_{II}$ );*
- *операции – аддитивные, бинарные;*
- *отображения – (2.2-2.3);*
- *интерпретация – независимо от синтаксиса.*

*Свойства естественного языка*. Установим различия между естественным языком  $M$  и его рационалистической частью  $M^*$ . Рассмотрим парадокс лжеца:

«Критянин утверждает, что все критяне – лжецы».

Его понимание именно как парадокса основано на следующей интерпретации:

$(\text{утверждение}) \in (\text{критянин}) \subset (\text{все критяне}),$

означающее, в соответствии с аксиомой свертки, отнесение частного свойства лживости ко всем критянам и ко всем их высказываниям, что противоречиво. Однако, такая интерпретация не является обязательной. Если принять, что  $M$  сохраняет относительную однородность, то совокупность (*все критяне*) является целостной и не может быть выраженной, согласно свойства 2.2., частными понятиями, т.е. никакого противоречия не существует. Таким образом,  $M^*$  выражает отношения однородности и свертки согласно свойств 2.2., 2.4., тогда как  $M$  – отношения относительной однородности и целостности согласно свойств 2.1., 2.2. Отсюда следует

**Свойство 2.12.** *Критерий истинности Тарского в формальных языках не может быть распространен на естественный язык.*

Таким образом, достаточно ограничиться определением граничных условий для  $M^*$  ( $\Gamma_{M^*}$ ).

Средства  $M^*$  исследуются методами математической лингвистики [59,171,173].

Синтаксическая структура отрезков текста задается с помощью системы составляющих или синтаксического подчинения, описываемых соответственно в виде дерева составляющих или дерева подчиненности – графов специального вида, отражающих бинарные отношения отрезков текста. Такой аппарат возможно сопоставить с понятиями категории классов и диаграммами достаточно специального вида. Это означает *дискретность единиц языка и синтаксических конструкций, бинарность и аддитивность операций.*

Определяются лингвистично значимые отношения и классификации объектов языка и строится аналитическая модель языка. При этом различают синтагматические и парадигматические модели. Эти отношения и классы языковых объектов трактуются с теоретико-множественных позиций. Конструкции характеризуются *однородностью и сверткой.*

Разрабатывается теория формальных грамматик [39,171,173,271], которая относится к важнейшему аспекту языка – переработке «смыслов» в «тексты» и наоборот. Она базируется на теории алгоритмов и автоматов и рассматривает бинарные отношения между этапами переработки. Отображения *бинарные и аддитивные*; они относятся к (2.2-2.3). Семантическая интерпретация синтаксической структуры имеет интенциональный (с учетом смысла понятий) или экстенциональный (сложное понятие истолковывается только по истолкованиям его составляющих) характер. Поскольку как в классической, так и в интуиционистской логике принята вторая интерпретация, то именно она и имеет место чаще всего.

Рассмотрим *соотношение субъект –  $M^*$  – объект*. Считается [167,304], что знаки языка представляют собою соединение обозначающего (звуки) и обозначаемого (смысл), основанное на произвольной конвенции – любой знак может обозначать любой объект. Отсюда следует, что  $C - M^* - O$  рассматривается не как ТЗ, а как  $Pz: M^* \rightarrow O$  и  $vP: M^* \rightarrow C$ . Поскольку  $M^*$  неоднородна  $O$ , то фактически имеют место отношения  $M^*(YO)$  в Сп, где  $YO$  – представления об объекте. Их характеризует:

**Свойство 2.13.** *(линеаризация) «Обозначаемое  $a$ ) имеет протяженность (во времени); б) эта протяженность имеет одно измерение – это линия»<sup>2</sup>:*

$$M^*(YO) \rightarrow \Gamma M_M(t), \quad (2.6)$$

где  $YO$  – представление (обозначаемое);

---

<sup>2</sup> Де Соссюр Ф. Труды по языкознанию. -М.:Прогресс,1977.-695 с., С.108

$\Gamma M_M$  – граничная модель языка;  
 $t$  – время.

**Свойство 2.14.**  $M^*$  выражает дискретное представление о целостном объекте:

$$M^*(UO) \rightarrow \sum_{i=1}^m ДГМ_{M_i}(t_i), \quad (2.7)$$

где  $ДГМ_{M_i}$  – дискретная языковая модель,  
 $t_i$  –  $i$ -й интервал времени;  $i$  пробегает значения до  $m$  или до  $\infty_n$  (абстракция потенциальной осуществимости).

**Свойство 2.15.** Средства  $M^*$  соединяют в одном имени совокупность дискретных представлений об объекте:

$$M^*(\sum_{i=1}^m ДГМ_i(t_i)) \rightarrow НГМ \quad (2.8)$$

Согласно свойства 2.14, целостность  $UO$  в пространстве-времени заменяется последовательной дискретизацией, которая простирается до  $\infty_n$ . Целостность объекта в  $ДГМ_M$  не сохраняется. Согласно свойства 2.15, конструктивная последовательность описаний заменяется актуальной бесконечностью имени. Отсюда происходит конверсия понятий и их несоответствие  $UO$  во всех случаях, за исключением следующего:

**Свойство 2.16.** Средства  $M^*$  сопоставляют конструктивной последовательности представлений об объекте конструктивную последовательность дискретных граничных языковых моделей:

$$M^*(\sum_{i=1}^m UO_i(t_i)) \rightarrow \sum_{i=1}^n ДГМ_{M_i}(t_i) \quad (2.9)$$

Далее, из свойств 2.14-2.16 следует:

**Свойство 2.17.**  $M^*$  является инструментом рационального мышления человека.

Поскольку логическое мышление находится «внутри» рационального, то имеет место

**Свойство 2.18.**  $M^*$  содержит все средства логического  $L$  и конструктивного  $K$ - операторов:

$$L \subset M^* \quad (2.10)$$

$$K \subset M^* \quad (2.11)$$

Суммируя вышеизложенное, определим граничные условия  $\Gamma_{M^*}$ :

**Условие 2.2.** Объекты, для описания которых используются средства  $M^*$ , не должны выходить за пределы  $\Gamma_{M^*}$  :



элементы и множества – НГМ, ДГМ;  
отношения – однородности, свертки (до  $\infty_a$ );  
операции – бинарные, аддитивные;  
отображения – (2.2-2.5).

**Определение условий дополнителности.** Дополнительными будут положения, выходящие за пределы теоретико-множественных и логистических интерпретаций  $M^*$  и  $M_\phi$ , а также отрицающие последовательность их построения. Исходя из свойства 2.12. и условий 2.1.- 2.2., сформулируем их следующим образом:

**Условие 2.3.** Средства описания должны соответствовать:

- пространству – открытому, двойственному, включающему взаимозависимые элементы;
- множествам и элементам – имманентно протяженным и изменяемым;
- отношениям – целостности и относительной однородности;
- операциям – небинарным и неаддитивным;
- отображениям – ТЗ.

**Условие 2.4.** Последовательность построения средств описания – нелинейная и по принципу «сверху вниз» – язык – текст – предложение – слово – звук.

**Условие 2.5.** Правила построения языковых форм средств описания – неконвенциональны и определяются совместным действием С и О.

**Условие 2.6.** Средства интерпретации не разделены с синтаксисом.

Таким образом, сравнение условий 2.2.-2.6. со свойствами  $M_\phi$  и  $M^*$  (2.12.-2.18.) показывает, что по ряду позиций их средства недостаточны. Так,  $M^*$  линейна, тогда как необходима нелинейность; тип изменения множеств и элементов не соответствует изменениям имен, и т.п. Тому для описания Сп целесообразнее использовать  $M$ , возможности которой шире. Однако и в этом случае имеют место некоторые ограничения:

**Утверждение 2.1.** Средства  $M$  недостаточно для выражения целостности С и О.

*Доказательство:* Согласно свойства 2.6., ТЗ сохраняет тождество части и целого, поэтому сохраняется целостность С и О как частей универсума. Согласно свойства 2.2., частных понятий недостаточно для выражения целого, а поскольку понятия определяются средствами  $M$ , то их недостаточно для выражения целостности.

Отсюда следует, что использование как естественного, так и формального языка в качестве средств описания Сп возможно только в определенных рамках и с точностью до определенных инвариантов (рассматриваемых в четвертой главе).

## 2.3. Аксиоматика С- пространства

**Постановка задачи.** Необходимо определить условия применения аксиоматического метода, при помощи метода границ вывести условия дополненности для  $E, O, R$  геометрического пространства, наконец, с помощью аксиоматического метода построить волновую модель  $S$ -пространства.

**Особенности применения аксиоматического метода.**

**Характеристика метода.** Существуют *формальные и неформальные* разновидности метода [6,58, 172,293]. Для первых характерно использование одно- или многосортных формальных языков. Замкнутый терм интерпретируется как имя объекта; формула – как определенное суждение. Свойства объектов задаются в виде одноместных, а отношения – многоместных предикатов. Средствами языка выражаются аксиомы исчисления предикатов, внелогические аксиомы, а также логические и прикладные правила вывода. Эти условия определяют синтаксис языка, имеющего одну или несколько семантик. Возможно использование требования эффективности – выражения языка должны относиться к финитным объектам, а синтаксические понятия быть алгоритмически разрешаемыми.

В неформальном методе отсутствует жесткая фиксированность языка, следовательно, и неопределенны синтаксические границы содержания понимания предмета исследования. Это приводит к необходимости аксиоматического аксиоматического определения всех специфических понятий. Сами аксиомы становятся неявными определениями. Правила выведения могут основываться как на классическом, так и неклассическом исчислении предикатов и содержать прикладные правила, признаваемые убедительными в каком-то заранее оговоренном смысле. Если при любой интерпретации содержательность сохраняется, можно утверждать, что все необходимые положения зафиксированы в постулатах.

**Выводы.** 1). Привязка к средствам формальных языков, недостаточных, как было показано выше, для описания  $Sp$ , *не позволяет использовать формальные аксиоматические методы для построения аксиоматической модели  $S$ -пространства.*

2). Поскольку пределы использования неформального метода шире, чем для предыдущего, *именно он будет использован для построения волновой модели  $Sp$ .*

**Граничные условия.** В современной геометрии *пространство определяется следующим способом.*

*Пусть задан некоторый набор неопределенных элементов произвольной природы, называемых «точками» и отношений между ними, обусловленных аксиомами. Тогда множество точек, со структурой, составленной этими объектами и отношениями, называется пространством.*

Так, для евклидова пространства объекты – это точки, прямые, плоскости, отношения – принадлежности, порядка, конгруэнтности, непрерывности и параллельности, удовлетворяющие аксиомам 1-5 групп [57]. Другие примеры – пространства с клеточной топологией [106], многогранные [62], фазовые [156], и другие пространства.

Такое понимание означает отказ от концепции абсолютного пространства и ориентацию на особенности моделирования конкретных объектов, что позволяет избежать некоторых парадоксов и в целом повысить адекватность моделирования. Анализ концепции, а также альтернативных абстрактных пространственных представлений (Ньютона, Лейбница, общей теории относительности [211], микромира [264, 266], субъективного (сенсорного) пространства [153,169], пространства состояний [81,249], [127,с.30-33,137,с.111-112]) приводит к выводам:

1. Логистическое понимание пространства не является единственно возможным – интуитивные представления не всегда могут быть сведены к рационалистическим.

2. Построенный на рационалистических предпосылках аппарат сталкивается с трудностями при описании пространств общей теории относительности, микромира, в частности, отношений  $O$  – пространство (принцип Маха) и  $O$  – наблюдатель (принцип неопределенности Гейзенберга [265]).

3. Устранение интуитивных представлений с помощью логической дедукции на самом деле не избавляет от них – интуитивными остаются представления об элементах и т.д. Нет никаких причин не использовать тот же подход для пространства в целом. Это позволяет конкретизировать задачу построения  $Sp$ , как построения аксиоматических моделей, свободных от граничных условий 2.1- 2.2.

Выявление парадоксов канторовской теории множеств стало причиной появления многочисленных работ, имеющих целью их точного определения, учета или устранения [9,77,172,269]. В настоящее время математика имеет в своем распоряжении развитые средства описания и исследования множеств. Компоненты теории множеств показаны на рис.2.7.

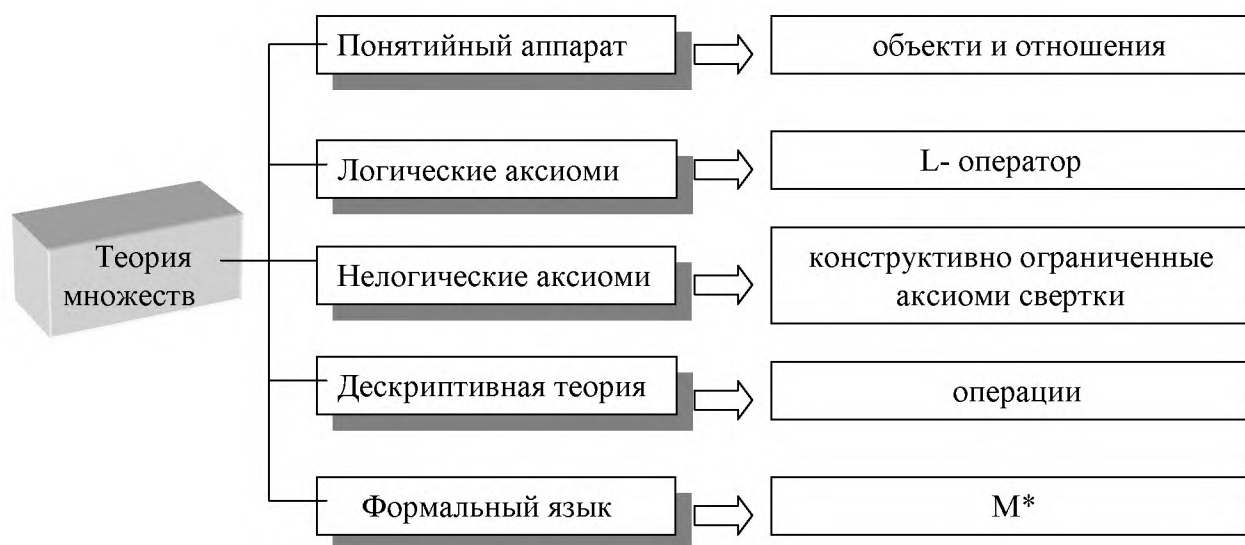


Рис. 2.7. Составные части современной теории множеств

Ключевые понятия *множества и элемента* являются первичными и неопределяемыми; они поясняются следующим образом.

*Множеством является совокупность элементов произвольной природы, имеющая некий признак, выделяющий те и только те элементы, которые составляют данное множество; если множества содержат одинаковые элементы и только их, они признаются равными. Эти условия (аксиомы свертывания и объемности) и определяют канторовскую, т.н. «наивную» теорию множеств. Между множествами и элементами вводятся два отношения – элементы принадлежат множеству; множество объединяет элементы.*

При этом:

- не учитывается качественная ценность отношения принадлежности – оно может быть и сущностным, и случайным;
- не принимается во внимание имманентная природа элементов, в частности, их изменяемость, могущая повлечь изменение условия принадлежности;
- не предусматривается возможность изменения признака принадлежности вследствие изменчивости элементов;
- не рассматривается воздействие множества на содержащиеся в нем элементы, проявляемое, например, в координации их изменений.

Очевидной является корреляция этих положений с граничными условиями 2.1.-2.2., определяющими, таким образом, не только средства и методы исследования, но и сами геометрические объекты.

**Логические аксиомы.** L- оператор представлен включением в теорию 15-ти аксиом классического исчисления предикатов (приведены в 2.4). При его действии на исходные понятия возникают парадоксы двух типов:

- *логические* – вызванные непредикативным характером определения множеств (Рассела, Цермело, Гонсета) и связанные с определением мощности множеств и порядком ординальных чисел (Кантора, Бурали-Форти);
- *семантические* (Ришара, Эвбулида) [14,172].

Для устранения парадоксов применяют различные ограничения, которые сводятся к использованию непредикативных определений (теория типов), запрещению «сложных», в некотором смысле, множеств (классы вместо множеств в NGB аксиоматике) использованию неклассических исчислений (включая интуиционистское исчисление предикатов) и замене аксиом свертывания на более частные аксиомы [14,104,253].

*Нелогические аксиомы* [172,т.1,с.104-109]. Аксиомы канторовской теории множеств внутренне противоречивы – из

$$\exists y \forall x (x \in y \leftrightarrow A), \quad (2.12)$$

где  $A$  – произвольная формула, не содержащая в качестве параметра  $y$ , при  $A$  вида  $\neg x \in x$  из

$$\forall x(x \in y \leftrightarrow \neg x \in x) \quad (2.13)$$

выводится  $u \in u \rightarrow \neg u \in u$ , что противоречиво. Поэтому эти аксиомы также заменяются на более частные [269]. Например, в аксиоматике Цермело (Z), это аксиомы пары, суммы, степени, выделения, к которым добавляются аксиомы бесконечности, выбора и фундирования.

Аксиоматический подход к теории множеств позволил дозволить точно сформулировать и доказать принципиальную неразрешимость ряда проблем, доказывать утверждения о невыводимости и эффективности [172].

**Дескриптивная теория множеств.** Рассматривается структура сложных множеств, получаемых из относительно простых за с помощью *операций объединения, пересечения, взятия дополнения и др.* [172,269], которые соответствуют (2.2-2.5), и не являются ТЗ.

Из вышеизложенного следует:

1. Теория множеств, как и концепция геометрического пространства, логистических представлениях, предпосылках и методах исследования;
2. Выявляются все отмеченные ранее противоречия. Парадоксы возникают как следствие несовместимости средств описания и понимания, что означает их относительную однородность, а не отношение целостности;
3. Применяемые для устранения антиномий средства ведут ко значительному сужению выразительных средств теории, что приводит к неадекватности моделирования сложных, в частности, эргатических и технологических, систем.

Таким образом, справедливым является, следующее итоговое условие.

**Условие 2.7.** *Элементы, множества, отношения и операции геометрического пространства не выходят за пределы граничных условий 2.1-2.2.*

**Условия дополнительной** выводятся из отрицания условия 2.7. Окончательно имеем:

**Условие 2.8.** *Условиями дополнительной для пространства, множеств, элементов следующие:*

- открытость;
- двойственность;
- взаимозависимость.

**Условие 2.9.** *Условиями дополнительной для отношений пространства являются:*

- относительная однородность или неоднородность;
- целостность.

**Условие 2.10.** *Условиями дополнительной для операций являются:*

- небинарность;
- неаддитивность;
- неграничность.

Таким образом, любая аксиоматическая модель  $S_p$  должна соответствовать условиям 2.7-2.10, определяющим состав и взаимную согласованность компонентов новой геометрической системы  $G^* = (E^*, O^*, R^*)$ .

### Аксиомы волновой модели С-пространства.

Волновая модель С-пространства (ВМ  $S_p$ ) включает четыре группы аксиом: существования, состояния, взаимодействия и измерения, описывающие множества объектов  $E^*$ , отношений  $O^*$  и операций  $R^*$  С-пространства [42].

### Структура пространства: аксиомы существования (1-я группа).

Сначала приведем несколько примеров технических и природных систем, абстрагируясь от свойств которых и руководствуясь как общими характеристиками сложных систем, так и граничными условиями, сформулируем аксиомы.

Образование открытых систем показано на рис.2.8. Для этого необходимы: контакт двух (рис. 2.8а,в) или нескольких (рис.2.8б) сред, термодинамическое неравновесие среды, открытость, взаимозависимость [222,273,274, 297,316]. Границы пространства могут быть размытыми (зона обтекания, рис.2.8а), достаточно выраженными (шов, рис. 2.8б) или выраженными структурно (кора, рис.2.8в).

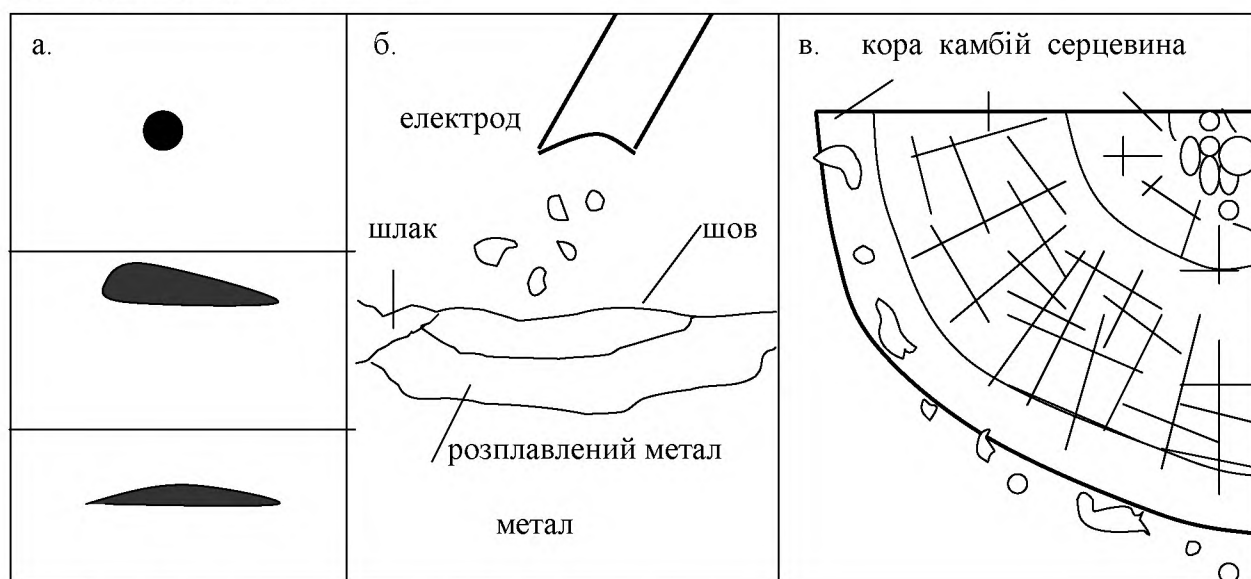


Рис. 2.8. Образование открытых систем

*Организация.* Рис.2.9 иллюстрирует относительную однородность и структурированность пространства для систем неживой природы (атмосфера, рис.2.9а), растительного мира (клеточная мембрана, рис.2.9б), технических устройств (перцептронная сеть, рис.2.6в), протяженности, изменяемости и относительную стабильность компонентов. Каждый компонент или множество компонентов в целостной системе специализированны. Например, в обменных процессах растений (рис. 2.9б) липидные молекулы обеспечивают транспортировку веществ; концентрация ионов калия и натрия в клетке и вне ее обеспечивается благодаря свойствам белковых молекул. Компонент является элементом для структуры более высокого уровня и системой для структуры более низкого уровня (как перцептрон на рис. 2.9в является элементом слоя и, одновременно, системой для входящих в его состав микросхем).

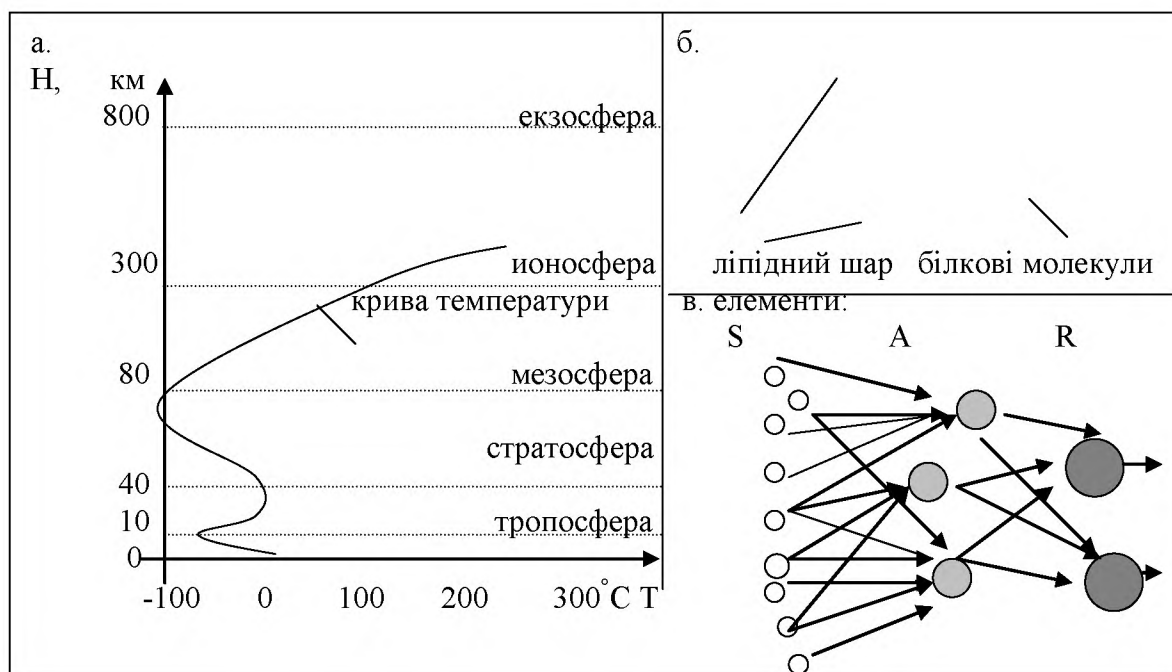


Рис. 2.9. Примеры организации систем

Приоритетными являются высшие уровни организации (рис.2.10). Имеет место несовместимость характеристик разных уровней организации.

Биосферу в целом будем интерпретировать как пространство, биологические сообщества – как множества, отдельные особи – как элементы. Климатические условия на Земле (производные от космических и геологических процессов) в разные геологические периоды определяют организацию биосферы в целом (состав, количество, распределение видов и т.д.), а ее продуктивность – численность, состав и размеры особей в популяциях (задача определения количества популяций одна из показательных для синергетики [140]). Такой принцип распространяется на разнообразные структуры природы, общества, организма [262,263].

*Несовместимость характеристик разных уровней организации* (рис.2.9в,2.10) дополняет понимание относительной однородности на уровне организма, клетки, молекулы – можно количественно определить, например, энергетику обменных процессов, однако сами процессы имеют на каждом уровне свою – биологическую, химическую, физическую – природу, и не сводятся один к другому.

*Эволюция* граничных пространств происходит под влиянием внешних и внутренних факторов. Она проявляется на всех уровнях организации (рис.2.11): для пространства в целом (изменение ареала вида), для множеств, (изменение количества популяций; обозначены точками на графике количество-время) для элементов (например, изменение формы и размеров листьев. Координация изменений происходит «сверху вниз» при наличии обратных связей. Отметим необратимость (несимметричность во времени) и эквивиальность (конечную гибель компонентов и системы в целом независимо от начальных условий и сценария эволюции).

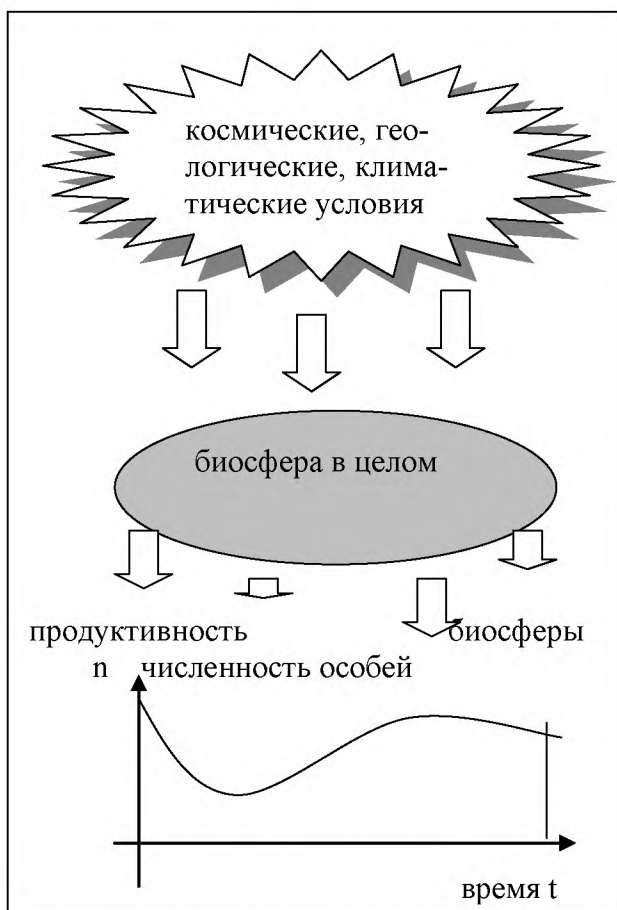


Рис. 2.10. Приоритет высших уровней организации

Таким образом, Сп должно определяться как открытое для внешних влияний сущностно самостоятельное пространство на границе неравновесных С и О; его множества и элементы должны быть целостными, относительно однородными, протяженными, относительно стабильными, изменяемыми, организованными «сверху вниз» структурами, которые отличаются на разных стадиях эволюции; они эволюционируют под совместным влиянием С, О и внутренних факторов; эволюция необратима и эквифинальна.

Для выражения этих характеристик необходимо определить несколько понятий.

Введем модальности существования: *актуальность* (А), понимаемую как проявление свойств Сп, С- множеств и С- элементов, и *потенциальность* (П), как возможность их проявления (в отличие от несуществования). Распад универсума на С и О обуславливает потенциальное существование Сп, С- множеств и С- элементов.

Взаимодействие С и О – *наблюдение* (Н) – изменяет модальность существования Сп и вызывает его *расслоение* (Р) на актуально существующие С- множества и С- элементы. Отсутствие Н порождает обратный к Р процесс – *свертку* (З) Сп.

С- пространство (°) понимается как носитель множеств и элементов; С- множество (□) – как потенциально или актуально существующая струк-

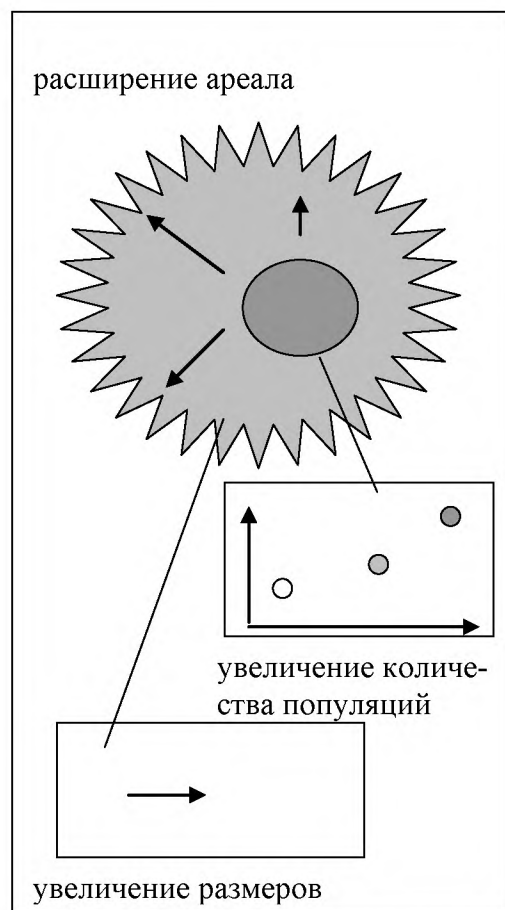


Рис. 2.11. Составляющие эволюционных изменений



тура, координирующая потенциально или актуально существующие относительно однородные С-элементы.

К С-элементам относятся: волна ( $\cup$ ) – потенциально или актуально существующий элемент, который характеризуется имманентной изменемостью, протяженностью, относительной нестойкостью, способностью к взаимодействиям, модальностями состояния, возможностью перехода в солитон и солитон<sup>3</sup> ( $\bullet$ ) – относительно стойкая волна с возможностью перехода в  $\cup$ . Запись  $\cup$  может также обозначать множество волн;  $\bullet$  – множество солитонов;  $\cup\bullet$  – волн и солитонов. Выбор элементов объясняется хорошей реализацией перечисленных выше качеств именно этими объектами. Элементы могут иметь только по одному компоненту (прообраз – звуковая волна одной частоты), или быть составленными из нескольких перпендикулярных компонент (как электромагнитная волна, содержащая перпендикулярные электрическую и магнитную составляющие). Соответственно, будем различать *однокомпонентные* и *многокомпонентные* волны и солитоны.

**Аксиомы существования** (1. 1.-1. 5.) кодифицируют соотношения модальностей существования ( $A$ ,  $\Pi$ ) пространства, множеств и элементов, а также правила их взаимного перехода в зависимости от распада  $U$  и взаимодействия  $C$  и  $O$ , т.е. «сверху вниз». Они обладают наивысшим приоритетом.

**Аксиома 1.1.** *Наблюдение переводит С-пространства в состояние актуального существования:*

$$H^A \tag{2.14}$$

Аксиома постулирует актуальность существования  $Sp$  вследствие взаимодействия  $C$  и  $O$  при распаде  $U$ .  $Sp$ , таким образом, является первичным понятием, несводимым к множествам или элементам. Так реализуются свойства 2.1 и 2.2, а также условие 2.8.

**Аксиома 1.2.** *С-пространство является носителем потенциально существующих множеств, содержащих потенциально существующие элементы – волны и солитоны:*

$$\circ \Rightarrow (\square \Pi (\cup \bullet \Pi)) \tag{2.15}$$

Постулируется, что С-пространство организовано «сверху вниз» и является носителем потенциально существующих множеств и элементов. Это означает, что пространство, сохраняя целостность, не сводится к своим компонентам. При этом антиномия Кантора, в силу не теоретико-множественного характера отношений пространство – множества – элементы, не имеет места.

---

<sup>3</sup> Физический прообраз солитона был впервые описан Дж.С. Расселом, как одиночная волна, которая во многих отношениях ведет себя как частица (локализация, перемещение без деформации, перенос энергии и импульса, сохранение структуры при контакте).

Относительная однородность С- пространства (условие 2.9.) обеспечивается так:

1. Относительно однородными являются два типа С- элементов;
2. Сп имеет, по крайней мере, два (не считая Сп в целом) уровня организации, которые неодинаково относятся к Сп в целом и различно реагируют на внешние влияния (рис. 2.12). Количество уровней не ограничивается.

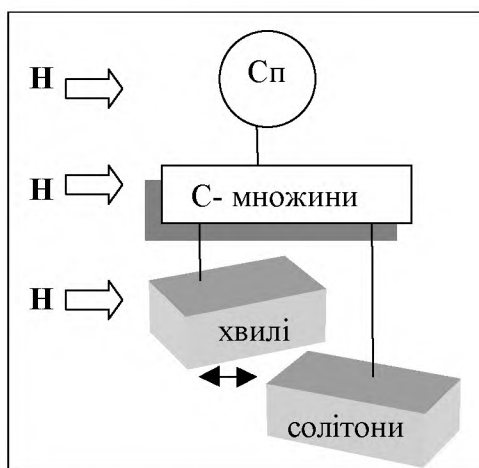


Рис. 2.12. Структура Сп

Следовательно, явным образом удовлетворяются все указанные выше свойства, за исключением требования стадийных отличий множеств и элементов. Это требование вводится неявно; его реализация происходит в ходе расслоения Сп, что описывается далее.

Отметим, что волны и солитоны являются первичными элементами Вм и не редуцируются к более простым. Соответственно, на элементном уровне нельзя сопоставлять волну и функцию (что предполагает редукцию), а лишь волну и точку. Отсюда вытекает, что волновая и дискретная модели пространству не сводятся, но и не противоречат одна другой, и являются абстракциями, которые взаимно дополняют друг друга и вместе соответствуют корпускулярно-волновому дуализму физической реальности.

**Аксиома 1.3.** *Наблюдение С- пространства инициирует его расслоение на актуально существующие С- множества:*

$$H \circ P \square A \quad (2.16)$$

Постулируется роль внешних влияний – наблюдений – как причины эволюции Сп, что сказывается в изменении модальности существования С- множеств. Таким образом, Сп характеризуется как открытое и двойственное (условие 2.8).

**Аксиома 1.4.** *Наблюдение С- множества инициирует его расслоение на актуально существующие С- элементы:*

$$H \square P \cup \bullet A \quad (2.17)$$

Определяется роль наблюдения как причины изменения модальности существования С- элементов (свойства 2.5, 2.6, условия 2.8, 2.10).

**Аксиома 1.5.** Наблюдение С- элементов инициирует переход от волн к солитонам и наоборот; его прекращение – исчезновение элементов:

$$\begin{aligned} N \cup \bullet A &\rightarrow (\cup A \leftrightarrow \bullet A) \\ \cup \bullet A &\rightarrow \cup \bullet P \downarrow \end{aligned} \quad (2.18)$$

где  $\leftrightarrow$  – обозначение перехода волн в солитоны и наоборот.

Постулируется преобразование волн в солитоны и наоборот при наблюдении (реализация условия 2.8); их исчезновение при отсутствии наблюдения делает возможной свертку, поскольку переход С- элементов в состояние потенциального существования обращает расслоение обратно. Не определяется в явной форме необратимость эволюции, но она выводится из этих и следующих аксиом.

Аксиомы первой группы имеют наивысший приоритет.

**Координация изменений: аксиома состояния (2-а группа).** Соответственно условиям дополнительности 2.8, 2.9, необходимо постулировать изменяемость для всех уровней организации Сп. Ее характер проиллюстрируем следующими примерами.

**Координация изменений «сверху вниз».** Будем рассматривать воду озера как граничное пространство между землей и воздухом (рис. 2. 13а). Порыв ветра вызывает волнение поверхности воды. Для различных участков характеристики волн будут различными. Рассмотрим принадлежность факторов, которые предопределяют эти различия. Во-первых, это внешние влияния - ветер и рельеф дна. Во-вторых, характеристики пространства в целом (плотность воды, размеры и глубина озера и т.д.). Первая группа факторов предопределяет, например, направление движения группы волн, другая - их частоты и амплитуды (рис. 2. 13б). Эти характеристики согласованы. Направленность координации здесь «сверху вниз», а ее сущность определяется как субординация и обусловленность.

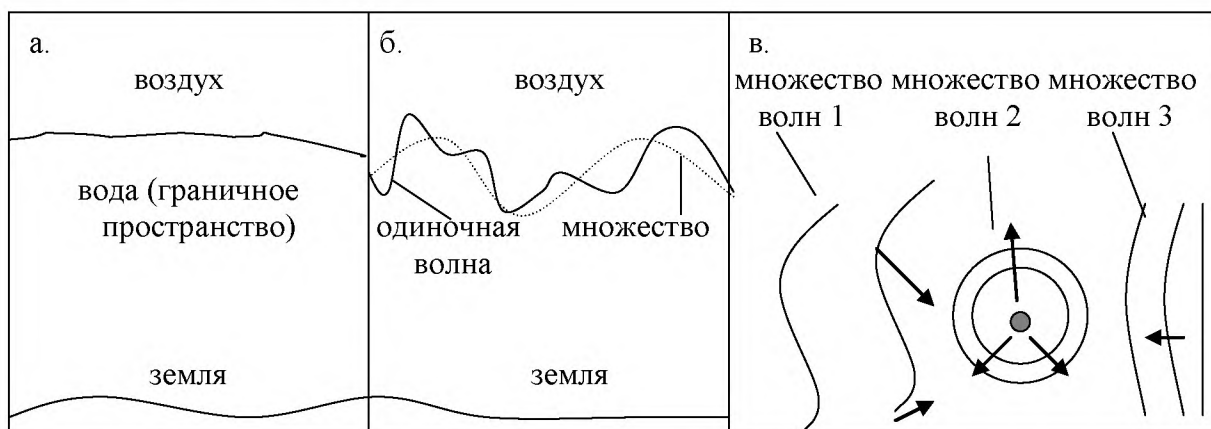


Рис. 2.13. Примеры координации изменений

**Обратная связь.** Встречая препятствие, каждая волна изменяет свои характеристики, причем достаточно спонтанно. Тем не менее, и здесь есть

черты координации (рис. 2. 13в). Так, направление движения всех волн множества 1 при встрече с препятствием изменяется одинаково и образуется множество 2, которое при взаимодействии с волнами других групп (например, множества 3) будет вести себя как единое целое, что сказывается в схожести изменения ее волн. Все группы волн, перераспределяя, например разнообразные температурные пласты, изменяют плотность воды, влияя на характеристики пространства в целом. Так реализуется обратная связь.

*Связь с состоянием элементов.* Отметим еще одну закономерность - неодинаковое поведение волн, в зависимости от стадии их существования. Для некоторых с них характерная экспансия, которая оказывается в увеличении амплитуд, охвате больших объемов воды и т.п.; для других, наоборот, регрессия - уменьшение амплитуд, потеря организации, исчезновение.

Следовательно, изменения элементов являются взаимосогласованными как «сверху вниз», так и наоборот, и, кроме того, зависят от их состояния.

Введем следующие понятия. Будем различать такие модальности состояния волн и солитонов: *возбуждение* ( $\uparrow$ ) - проявление и экспансия из увеличением протяженности и поглощением других С- элементов при взаимодействии с ними; *угасание* ( $\downarrow$ ) - уменьшение протяженности и деструкция при взаимодействиях; *исчезновение* ( $\downarrow$ ) - переход от актуального к потенциальному существованию. Записи вида  $\cup$ ,  $\bullet$  означают соответственно волну (волны) в состоянии угасания и солитон (солитоны) в состоянии возбуждения.

Аксиома состояния, определяя указанные особенности поведения волн, устанавливает глобальную связь Сп, его множеств и элементов на макро- и микроуровнях как зависимость модальности состояния элементов от хода эволюции Сп и наоборот, зависимость направленности эволюции Сп от модальности состояния ( $\uparrow$ ,  $\downarrow$ ) элементов.

**Аксиома 2.1.** *Ход расслоения С- пространства определяет структуру С- множеств и модальность состояния С- элементов - возбуждения или угасания; состояние элементов характеризует структуру С- множеств и направленность изменений Сп:*

$$\mathcal{P}(\Delta A((\forall \cup \bullet A(\cup \bullet \cup \bullet))) \quad (2.19)$$

Аксиома содержит в абстрактной форме свойства целостности, организации, неаддитивности, небинарности. Ее приоритет ниже, чем аксиом первой группы, но выше, чем в следующих.

**Аксиомы взаимодействия (3-я группа).** Начнем с примеров.

*Неаддитивность и небинарность* (рис. 2.14). Неаддитивностью наделенные трофические, репродуктивные, симбиотические и прочие взаимоотношения в биологических сообществах; небинарность иллюстрируется зависимостью численности популяции не только от места в трофической цепи, но и от иных факторов - техногенного влияния, климата и т.д.

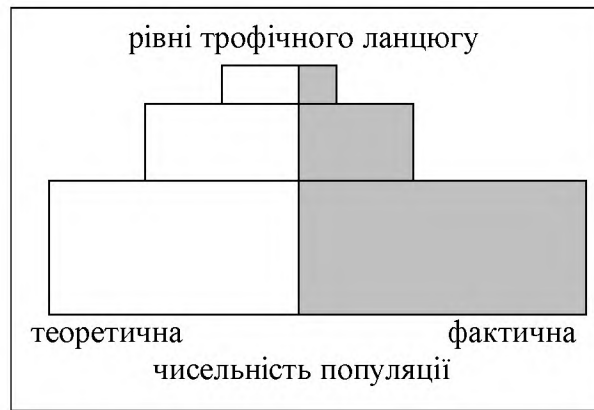


Рис. 2.14. Неаддитивность взаимоотношений в биологических сообществах

Следовательно, взаимодействия множеств и элементов  $S_n$  друг с другом, с  $S$  и  $O$ , являются небинарными и неаддитивными.

Будем различать: *параллельность* ( $\parallel$ ) – соотношение двух или более волн, когда их взаимодействие не увеличивает количества компонент результирующей волны по сравнению с исходными, и *перпендикулярность* ( $\perp$ ) – соотношение двух или больше волн, когда взаимодействие увеличивает число компонент результирующей волны, в сравнении с исходными. Записи вида  $\cup \perp$  означают перпендикулярные волны.

Рассматриваются такие взаимодействия (операции):

- *суперпозиция* ( $S$ ) - объединение двух или больше параллельных волн, компоненты которых подытоживаются или погашаются;
- *коинциденция* ( $K$ ) - объединение двух или больше перпендикулярных  $S$ - элементов;
- *интерференция* ( $I$ ) - взаимодействие двух или больше волн с изменением количества волн и компонентов и их состояния;
- *дифракция* ( $D$ ) - взаимодействие волн и солитонов из изменением количества и состояния волн и компонентов (кроме дифракции солитонов).

Операции над  $S$ - множествами и  $S$ - элементами являются абстракциями различных видов взаимодействий физических волн. Операции элементарны.

Аксиомы, которые характеризуют взаимодействия, применяются только вместе с аксиомами существования и состояния.

На рис. 2.15 , 2.16 показаны изменения, которые происходят с  $S$ - элементами при различных взаимодействиях при минимальном для каждой операции количестве элементов. Приняты следующие условности:

- волна изображается в виде графика изменения ее амплитуды на протяжении одного периода, то есть в виде синусоиды;
- солитон изображается своим «сечением»;

- перпендикулярные компоненты показаны как волны (солитоны) в различных плоскостях, а параллельные - как волны (солитоны) в одной плоскости.

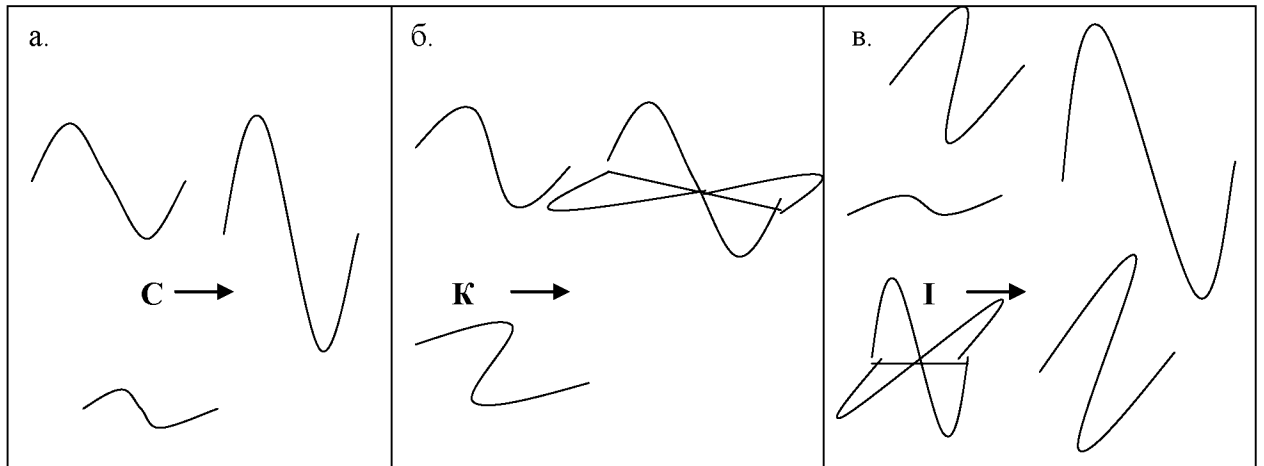


Рис. 2.15. Суперпозиция, коинциденция и интерференция

*Суперпозиция* (рис. 2. 15а). Взаимодействуют параллельные компоненты одно- или многокомпонентных элементов (на рис. - простых волн). В результате операции их амплитуды складываются. Поскольку выполняется аксиома 2.1, то описанная так операция не нарушает условий небинарности и неаддитивности.

**Аксиома 3.1.** *Суперпозиция актуально существующих однокомпонентных волн переводит их в однокомпонентные волны с линейно измененными характеристиками:*

$$C(\cup A //) \rightarrow \cup' \quad (2.20)$$

В зависимости от состояния исходных элементов, происходит добавление или погашение амплитуд; в последнем случае возможный переход всех взаимодействующих волн от актуального к потенциальному существованию.

*Коинциденция* (рис. 2.15б). Взаимодействуют перпендикулярные элементы, а результатом является их объединение, которое содержит все перпендикулярные компоненты исходных элементов. Это объединения не является бинарным и не является аддитивным (условие 2.10).

**Аксиома 3.2.** *Коинциденция актуально существующий перпендикулярных С- элементов переводит их в элемент, количество перпендикулярных компонентов которому равно суммарному числу перпендикулярных компонентов исходных волн и солитонов:*

$$K(\cup \bullet A \perp) \rightarrow \cup' \bullet K \quad (2.21)$$

*Интерференция* (рис. 2.15в) имеет место для волн, состоящих из параллельных и перпендикулярных компонент.

**Аксиома 3.3.** *Интерференция актуально существующих волн переводит их в волны с изменением числа волн и компонентов и нелинейным изменением характеристик:*

$$I(\cup A) \rightarrow \cup' \quad (2.22)$$

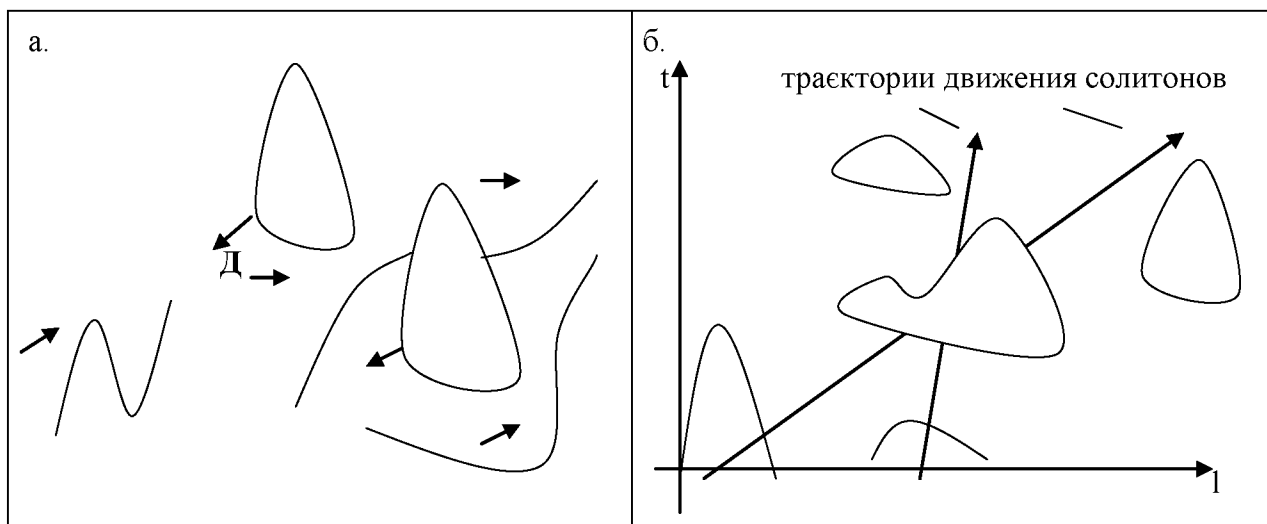


Рис. 2.16. Примеры дифракции

*Дифракция* (рис. 2.16а). Взаимодействуют волны и солитоны. Последние рассматриваются как препятствия, которые нарушают линейность движения волн. В результате, обусловленном аксиомами первой и второй групп, изменяются количество волн и компонентов, состояние волн и направление движения солитонов. Отметим частный случай: если в дифракции участвуют только солитоны, то происходит отталкивание с изменением направления движения, то есть они ведут себя как частицы (рис. 2.16б).

**Аксиома 3.4.** *Дифракция актуально существующих волн и солитонов переводит: волны – в волны с изменением количества волн и компонентов и нелинейным изменением характеристик; солитоны – в солитоны с сохранением набора компонентов и изменением направления движения:*

$$D(\cup \bullet A) \rightarrow \cup' \quad (2.23)$$

$$\rightarrow \bullet$$

Отметим, что при дифракции характеристики солитона не изменяются; это соответствует взаимодействиям их физических прообразов. Дифракция есть наиболее общий тип операции в  $S$ -пространстве; все иные рассматриваются как ее частные случаи, которые возникают в зависимости от характеристик компонентов взаимодействующих элементов.

*Обратные операции.* В силу условия 2.10, не должны существовать такие комбинации операций, которые переводили бы  $S$ -элементы в исходное состояние, и такие волны и солитоны, которые можно было бы определить как нулевые и единичные. Поэтому операции не образуют групп, за исключением отмеченного частного случая дифракции солитонов (аксиома 3.9.).

Слои замкнуты относительно операций над входящими в их состав структурами.

**Аксиома 3.5.** *Не существует такой последовательности двух или более суперпозиций, которая переводила бы С-элементы в их исходное состояние:*

$$CC^{-1}(\cup//A) \rightarrow \cup'' \quad (2.24)$$

**Аксиома 3.6.** *Не существует такой последовательности двух или более коинциденций, которая переводила бы С-элементы в их исходное состояние:*

$$KK^{-1}(\cup A \perp) \rightarrow \cup'' K \quad (2.25)$$

**Аксиома 3.7.** *Не существует такой последовательности двух или более интерференций, которая переводила бы волны в их исходное состояние:*

$$II^{-1}(\cup A) \rightarrow \cup' \quad (2.26)$$

**Аксиома 3.8.** *Не существует такой последовательности двух или более дифракций, которая переводила бы волны в их исходное состояние:*

$$DD^{-1}(\cup \bullet A) \rightarrow \cup'' \bullet \quad (2.27)$$

**Аксиома 3.9.** *Существует по крайней мере одна последовательность двух дифракций, которая переводит солитоны в их исходное состояние:*

$$DD^{-1}(\bullet A) \rightarrow \bullet A \quad (2.28)$$

Необратимость операций соответствует необратимости хода эволюции.

На основе аксиом 3-ей группы строится теория самоорганизации, описываемая ниже; вместе с аксиомами предыдущих групп они регламентируют допустимые способы создания С-множеств в ходе самоорганизации С-пространства.

**Измерение (4-а группа).** Приведем примеры, которые показывают отличия реальных измерений от процедуры установления метрических характеристик.

**Несравнимость характеристик** является типичной для сложных систем. Так, при прогнозах экономического развития необходимые данные не только о производственных ресурсах, но и уровень квалификации и образования, наличие полезных ископаемых, климатические условия, исторические тенденции развития, и тому подобного, приведения которых к одной мере является очень проблематичным.



Влияние наблюдателя на объект измерения для ЭС является обычным; наиболее ярко проявляется в экстремальных ситуациях.

Влияние объекта на наблюдателя четко прослеживается в операторской деятельности - с возрастанием опыта изменяются набор параметров, на которые в первую очередь обращает внимание оператор, количество необходимого для оценки ситуации времени, алгоритм действий в типичных ситуациях, и тому подобное.

Абстрагируясь от примеров, определим особенности измерения.

**Свойство 2.19.** Пусть некоторый набор относительно стабильных элементов является координатной системой, а ее изменение при взаимодействии с измеряемым элементом – результатом. Тогда процесс измерения характеризуется:

- несовместимостью характеристик на различных уровнях организации;
- изменением состояния и координатной системы, и элемента;
- различными (но подобными) результатами при повторных измерениях в одной и той же координатной системе;
- различными результатами измерения в различных координатных системах.

Введем понятия: координатной системой (Кс) будем называть любой набор солитонов, которые относятся к различным уровням организации Сп (слоям), взаимодействие с которым других волн и солитонов позволяет оценить их характеристики. Совокупность таких слоев определим как *измеряемое пространство*. Результат (Рс) измерения будем интерпретировать, как изменения в координатной системе после взаимодействия с измеряемым элементом.

Координатная система (рис. 2.17). В качестве размерности координатной системы резонно принять суммарное число перпендикулярных компонентов всех солитонов Кс. Поскольку Сп является абсолютным относительно множеств и элементов, то Кс будет характеризовать лишь некоторое измеряемое подпространство (на рис. 2.17а - плоскость в  $E^3$ ).

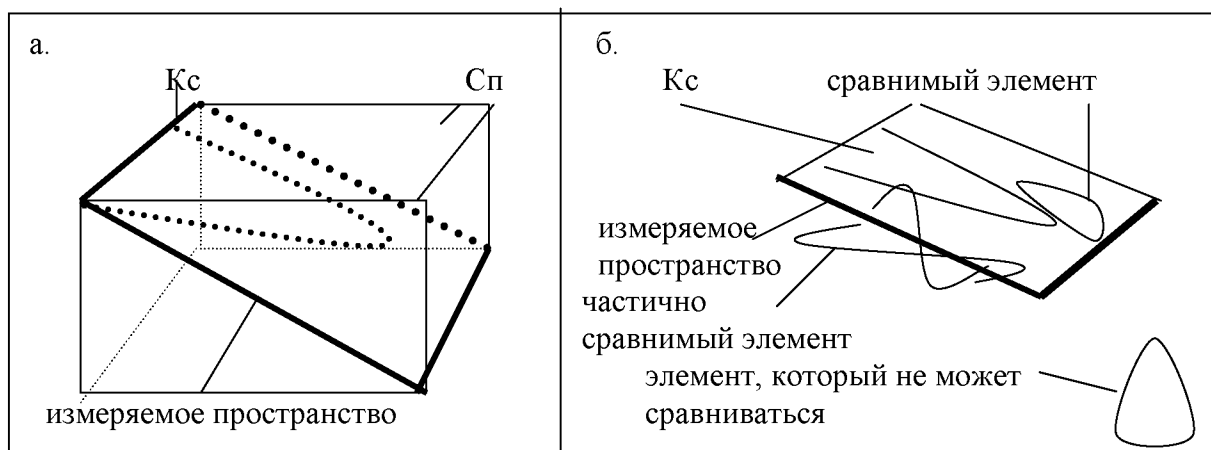


Рис. 2.17. Особенности измерения в С-пространстве

Компоненты  $Kc$  не связаны и с компонентами измеряемого элемента, и, в зависимости от его принадлежности подпространству, имеют место различные степени сравнимости элемента и  $Kc$  (рис. 2. 17б).

**Процедура измерения.** Под *измерением* будем понимать наблюдение результата взаимодействия элемента с  $Kc$ . Такая процедура может быть не всегда адекватной. Волна и солитон по-разному ведут себя при измерении: волна изменяется вплоть до исчезновения (аксиома 3.4.), и повторные измерения не могут уточнить результата; для солитона изменяется лишь направление движения. Изменяется также  $Kc$ .

Аксиомы измерения устанавливают процедуры взаимодействия с  $Kc$  для волн и солитонов. Они удовлетворяют аксиомам групп 1-3, а также приведенным выше особенностям.

**Аксиома 4.1.** *Наблюдение дифракции координатной системы и актуально существующей волны измеряемого пространства, приводит к изменению координатной системы – результату измерения – и изменению измеряемой волны:*

$$ND(Kc \cup A) \rightarrow (Kc' \cup' \cup' \cup' Pc) \quad (2.29)$$

**Аксиома 4.2.** *Наблюдение дифракции координатной системы и актуально существующего солитона измеряемого пространства приводит к изменению координатной системы – результату измерения – и изменению движения солитон:*

$$ND(Kc \bullet A) \rightarrow (Kc' \bullet' \bullet' \bullet' Pc) \quad (2.30)$$

Модель, удовлетворяющая аксиомам 1.1.-4.2., и называется *волновой моделью (Вм) С-пространства*.

**Заключительные замечания.** Как и для пространства точек, полнота, непротиворечивость и невыводимость системы аксиом Вм не может быть доказана. Но ее следует проверить относительно:

1) условий дополнительности 2.6.-2.10. - если все они выполняются, и являются непротиворечивыми и невыводимыми, то полной, непротиворечивой и невыводимой является и система аксиом;

2) методов исследования - если не нужны условия, которые пополняют систему аксиом или противоречат ей, то система аксиом полная и непротиворечивая; и, если ни одна из аксиом не выводится из других, то и невыводимая.

Система аксиом является полной, непротиворечивой и невыводимой по критерию 1) поскольку: выполняются все условия дополнительности 2.6.-2.10. (полнота); условия дополнительности непротиворечивы, так как непротиворечивы граничные условия 2.1.-2.2.; не выводятся одна из другой граничные условия и условия дополнительности.

Проверка аксиом по критерию 2) проводится в ходе построения теории самоорганизации в следующей главе.

Реализация в ходе построения аксиоматической системы свойств реальных сложных систем, рассмотренных в предыдущих главах (эмерджентность, организация и т.д.) позволяет разрабатывать модели и обосновывать стратегии оптимизации технологических систем в строительстве, в частности, системы монолитного строительства, а также оценивать их эффективность. Первым шагом к этому является исследование организации сложных систем.

## 2.4. Метод интуитивного конструирования

Для определения специфических методов исследования С-пространству прежде всего необходимо установить границы применимости логических и конструктивных способов вывода (для чего следует воспользоваться методом границ), затем вывести условия дополненности и определить сущность метода интуитивного конструирования и других применяемых методов.

**Граничные условия.** Существующие методы вывода и верификации геометрических суждений представлены логическими и конструктивными средствами (L- и K- операторами) [9,23,55,77,104,172,254].

**L- оператор** в чистом неинтерпретированном виде включает 15 аксиом классического исчисления предикатов и два правила вывода – модус поненс и обобщения [48,т.4,с.578]. Они формулируются следующим образом.

1.  $(\varphi(\psi \supset \varphi))$
2.  $((\varphi \supset (\psi \supset \eta)) \supset ((\varphi \supset \eta) \supset (\varphi \supset \eta)))$
3.  $((\varphi \wedge \psi) \supset \varphi)$
4.  $((\varphi \wedge \psi) \supset \psi)$
5.  $(\varphi \supset (\psi \supset (\varphi \wedge \psi)))$
6.  $((\varphi \supset \eta) \supset ((\varphi \supset \eta) \supset ((\varphi \vee \psi) \supset \eta)))$
7.  $(\varphi \supset (\varphi \vee \psi))$
8.  $(\psi \supset (\varphi \vee \psi))$
9.  $(\neg \varphi \supset (\varphi \supset \psi))$
10.  $((\varphi \supset \psi) \supset ((\varphi \supset \neg \psi) \supset \neg \varphi))$
11.  $(\varphi \vee \neg \varphi)$
12.  $(\forall x \varphi \supset \varphi(x/t))$
13.  $(\varphi(x/t) \supset \exists x \varphi)$
14.  $(\forall x (\varphi \supset \psi) \supset (\varphi \supset \forall x \psi))$
15.  $(\forall x (\psi \supset \varphi) \supset (\exists x \psi \supset \varphi))$

где  $\varphi, \psi, \eta$  - произвольные формулы языка, такие, что аксиоматическая схема 1-15 порождает конкретную систему исчисления при конкретном выборе этих формул, например, при добавлении нелогических аксиом, выражающих свойства и отношения геометрических объектов.

В аксиомах 14 и 15  $x$  – не параметр; в аксиомах 12 и 13  $\varphi(x/t)$ - результат одновременного замещения всех свободных вхождений  $x$  на терм  $t$ , причем если  $t$  оказывается на месте  $x$  в части формул,  $\varphi$ , имеющий вид  $\exists x\psi$  или  $\forall x\psi$ , где  $y$  входит в  $t$ , следует заменить все свободные вхождения  $y$  в эту часть на переменную, не входящую в  $\varphi$ , во избежание искажения смысла переменных.

Правило модус поненс: Если выведена  $\varphi$  (малая посылка) и  $\varphi \supset \psi$  (большая посылка), разрешается вывести  $\psi$ .

Правило обобщения: Если выведена  $\varphi$  и  $x$  – переменная, разрешается вывести  $\forall x\varphi$ .

Отметим, что возможны также различные формы записи исчисления, например, секвенциальная; по-разному – в древовидной или линейной форме записывается и вывод суждений.

Эти средства используются для описания логических законов, которые, как считается, «справедливы для любой непустой области объектов с произвольно заданными на ней свойствами и отношениями» [48, т.4, с.578].

Однако известные парадоксы (лжеца, и т.п.) не содержат софистических выводов, поскольку не нарушаются правила вывода, область объектов также не является пустой, однако противоречие возникает. Для избежания антиномий используются ограничения интерпретаций:

- запрет на непредикативные определения (теория типов);
- ограничения средств определения множеств – введение классов и классовых переменных;
- конструктивные ограничения.

Согласно теореме Геделя про полноту, в классическом исчислении предикатов выводятся все общезначимые формулы, и только они.

Согласно теореме Геделя про неполноту, в формальных системах – неинтерпретированных логических исчислениях, которые не удовлетворяют требованиям эффективности языка и вывода – существуют невыводимые формулы, а, согласно результатов Тарского, классы истинных и доказуемых суждений не совпадают.

Эти факты доказывают ограниченность объектов логических суждений. Для выявления ограничений рассмотрим соотношения L- оператора с метапонятиями.

**Предложение 2.1.** По отношению к L- оператору справедливы следующие утверждения:

- L- оператор является  $\Gamma$ - оператором;
- область действия L- оператора - - L- оператора и L- оператора;
- действие L- оператора соответствует свойству 2.11.

**Доказательство.** Поскольку L- оператора содержится в  $M^*$  (свойство 2.18), являющимся  $\Gamma$ - оператором, то он и сам является граничным оператором.

Поскольку областью действия  $\Gamma$ - оператора являются НГМ и ДГМ и только они (по определению), а L- оператор является  $\Gamma$ - оператором, то и его областью действия являются НГМ и ДГМ.

Выполнимость для L- оператора свойства 2.11 следует из предыдущих утверждений.

Естественными ограничениями на логические объекты выступают требования однородности, дискретности или дискретизируемости, вытекающие из понятий ДГМ и НГМ. Имеет место следующее предложение.

**Предложение 2.2.** *Никакая последовательность L- операторов не тождественна ТЗ.*

**Доказательство.** Поскольку область применения L- оператора – НГМ и ДГМ, а не отношения целостности С-Сп-О, а из аксиом 1-15 следует аддитивность композиции операторов, то любая их последовательность будет иметь ту же область применения, т.е. не будет тождественной ТЗ, реализующей отношение целостности.

Отсюда следует независимость логических операторов от действий С и О. Суммируя оба предложения, определим граничные условия для L- оператора ( $\Gamma_L$ ):

**Условие 2.11.**  $\Gamma_L$  включают:

- объекты – дискретные;
- отношения – однородности, свертывания ( $\kappa \infty_a$ );
- операции – бинарные, аддитивные.

Указанные ограничения распространяются на исчисления, построенные на основе модальной, многозначной и вероятностной логики, поскольку они, по-другому обуславливая или определяя возможность суждения, основаны на тех же предпосылках, что и исчисления на основе классической логики.

**Конструктивные средства** [55,105] отличаются от основанного на абстракции актуальной бесконечности исчисления тем, что она заменяется абстракцией потенциальной осуществимости или условием эффективности построений. Не принимается также аксиома 11 (закон исключения третьего). Отсюда, K- оператор имеет следующие граничные условия ( $\Gamma_K$ ):

**Условие 2.12.**  $\Gamma_K$  включает:

- конструктивные объекты – дискретные;
- отношения – однородности, свертки ( $\infty_{II}$ );
- операции – бинарные, аддитивные;
- отображения – свободно становящиеся последовательности;
- свойства (виды) – иерархические.

Условия дополнительности получаются из отрицания граничных условий операторов 2.11.- 2.12.

**Условие 2.13.** *Методы исследования С- пространства должны соответствовать:*

- множествам и элементам – не дискретным;

- отношениям – не свертывания ( $\infty_{\Pi}$  и  $\infty_a$ ), не объемности, не однородности;
- операциям – не бинарным и не аддитивным.

Поскольку принятие этих условий означает выход за пределы логических исчислений, необходимы внелогические методы выводы. Рассмотрим имеющиеся альтернативы.

**Гносеологические концепции** представлены материалистической, идеалистической, интуитивистской и другими доктринами. Их воззрения лежат в основе понимания процессов распознавания, принятия решений, управления и взаимодействия с окружающей средой, т.е. в основе профессиональной деятельности человеческого фактора в ЭС и ТС. Если абстрагироваться от конкретного содержания терминов «субъект», «объект» и др., то процесс познания может быть проинтерпретированы с помощью проективных схем [69, 42].

**Бинарность схем познания** выводится из невозможности познания без разделения универсума на познающую и познаваемую составляющие – иначе нечему познавать и быть познанным. Тогда познание является С- О операцией:

$$C \leftrightarrow O \tag{2.31}$$

В зависимости от направленности,  $C \leftarrow O$  или  $O \rightarrow C$ , имеем идеалистическую либо материалистическую доктрины. Схема (2.31) не выражает конкретного механизма познания; более, того, является очевидно неадекватной – если С и О неоднородны, то познание невозможно, а если относительно однородны, то схема этого не фиксирует.

Учет граничных операторов добавляет внутрисубъектную операцию «познания», подразумевающую бинарные соответствия между различными структурами С. Соответствующая схема выглядит так:

$$O \leftrightarrow C(\Gamma \rightarrow \Gamma^*), \tag{2.32}$$

где  $\Gamma$  и  $\Gamma^*$  - структуры С (память и рассудок), а  $\Gamma$ - оператор реализует (2.2-2.5).

По сравнению с (2.1), данная схема выражает относительную однородность и разграничивает «познание» ( $\Gamma$ -оператор) и «отражение» (отношение  $C \leftrightarrow O$ ). При выполнении (2.2-2.5) С отождествляется с рассудком. При этом возникает *regresio ad infinitum*. Это доказывается следующим образом.

Пусть восприятие внешнего мира органами чувств вызывает в распознающей системе реакцию, которую необходимо распознать. Это может быть сделано путем обращения к памяти и сравнения распознаваемой реакции с характерными признаками. Полученная реакция вновь воздействует на распознающую систему, которая, обратившись к памяти, должна оценить уже это новое воздействие, и так до бесконечности, что противоречит конечности времени распознавания.

Отсюда следует неадекватность (2.32) и необходимость ее дополнения отличной от рассудка структурой – разумом (Pa), которая и будет отождествляться с С, а также объектной моделью (ОМ). Схема примет вид:

$$\begin{array}{ccc} O \rightarrow \Gamma \rightarrow \Gamma^* & & \\ \uparrow & \downarrow & \\ OM \leftarrow Pa & & \end{array} \quad (2.33)$$

Это- основная бинарная схема. Будем называть (2.33) сценарием *познания 1-го рода*, а ее продукт – *знанием 1-го рода (31)*.

Отметим, что:

- средствами описания 31 являются средства естественного и формального языков;
- схема позволяет выводить любую математическую теорию;
- средствами верификации служат методы теории доказательств либо практические проверки, причем их возможности ограничены условиями 2.1-2.7.

Таким образом, (2.33) является формальным выражением рационалистической трактовки познания, лежащей в основе современных методов исследования ЕС и ТС. Эта трактовка сталкивается со следующими трудностями [42]:

- 1) отождествление «я», С и Pa противоречит интроспекционному опыту остановки рекурсивной мыслительной деятельности, не приводящей к прекращению познания;
- 2) то же относится к явлениям сна, потери сознания, подсознательной активности, также не прекращающим познания;
- 3) при использовании для исследования Sp, (2.33) не выражает граничности Sp, не соответствует протяженности и изменемости С- множеств и С- элементов, не выражает отношений целостности У, т.е. не является адекватной.

Последнее условие, присутствующее также в (2.31) и (2.32), и является первоисточником испытываемых всеми бинарными теориями трудностей.

**Тернарная схема познания**, предложенная А. Бергсоном и детально разработанная Н.О. Лосским [87]:

$$\begin{array}{ccc} U \rightarrow (O \rightarrow C = \langle \text{я} \rangle) & & \\ \uparrow \downarrow & & \\ (PP), & & \end{array} \quad (2.34)$$

где (PP) - общее обозначение рассудка и разума;

С = «я» - отождествление «я» и С, характерное для данной теории.

Объясним ее более подробно.

Познание «возможно потому, что мир является органическим целым, а познающий С, индивидуальное человеческое я, некоторое сверхвременное и сверхпространственное бытие, тесно связанное с миром» [168,с.321].

Такое отношение С к миру - гносеологическая координация - еще не познание; для познания «С должен направить на О целую серию интенциональных (целевых) умственных актов - осознания, внимания, дифференциации и т.п.» [168,с.321], что выполняется с помощью органов чувств и системы распознавания (только РР; память понимается как непосредственное созерцание своего прошлого). Система распознавания, потенциально настроенная на познание О благодаря его воздействиям на органы чувств, но актуальное восприятие происходит только вследствие усилий С (ветвь С - (РР) - О). Отметим, что имеющее важное значение в процессе настройки системы распознавания  $\mathcal{S}_1$ , не является еще истинным знанием с точки зрения интуитивизма.

Познание происходит, когда «познанный О, даже если он составляет часть внешнего мира, включается непосредственно сознанием С, что познает, так сказать, в личность и потому понимается как существующий независимо от акта познания» [168,с.321] (ветвь О - С). Такое познание О в результате его соединения с С называется интуитивным.

Интуитивистская теория, тем не менее, не лишена недостатков:

1. Выделенное положение «я», как С вне пространства и времени, осложняет познание - если «я» неоднородно (РР), то как С может направлять целевые акты? - по-видимому, «я» может быть лишь относительно однородным (РР). Вообще, отождествление «я» из С противоречит внеличному познанию.

2. Интерпретация памяти только как созерцания прошлого С противоречит фактам непостоянства данных памяти (забывание, модификация при переходе в долгосрочную память и т.д.).

3. Не раскрываются (и не рассматриваются) возможности ОМ для настройки С для восприятия О.

По этим причинам необходима коррекция, после чего схема примет следующий вид:

$$Y \rightarrow (O, (OM \leftrightarrow (OPPP \leftarrow \langle \text{я} \rangle)), C), \quad (2.35)$$

где (ОППР – «я») означают органы чувств, память, рассудок, разум, «я» познающей личности;

(ОМ – (ОППР – «я») интерпретируются как Сп, отделяющее С от О при распаде У.

Поясним ее более подробно.

1. Под процессом познания понимается установление ТС внеличного С и О в целостном У, где Г- оператор действует в (ОППР – «я») Сп. Это *познание 2-го рода*, продуктом которого будут:

- внеличное интуитивное знание – включение О в С в целостном У;
- личностная настройка на данный О в виде «отпечатка» интуитивного знания в памяти и других структурах личности.



2. Эту настройку будем называть *знанием 2-го рода* ( $32$ ), отличая его от интуитивного внеличного знания по сути и полученного путем вывода знания 1-го рода по способу получения.

3. Предварительная настройка осуществляется с помощью целевых актов «я» (что возможно ввиду относительной однородности «я» и ОПРР), или с помощью объектных моделей (ОМ) специального вида.

Проверим соответствие (2.35) условиям 2.12. В частности, для условия двойственности имеем

**Утверждение 2.2.**  *$32$  двойственно, то есть является одновременно аппаратом проецирования и проекцией, настройкой на  $O$  и моделью  $O$ .*

**Доказательство:** а.  $32$ , настройка по определению, ограничивает субъектное восприятие  $У$  до конкретного  $O$ , что, согласно свойству 2.6., определяет  $32$  как аппарат ТЗ.

б. Поскольку  $Sp$  - граничное пространство, делящее  $У$  на подпространства  $C$  и  $O$ , то оно является «плоскостью» в пространстве универсума, а принадлежащее ему  $32$  - проекцией  $O$  на эту плоскость.

в. Поскольку  $32$  - настройка на конкретный  $O$ , оно содержит границы, которые выделяют  $O$  из  $У$ , а поскольку  $32$  не тождественно  $O$ , то оно - его модель.

Можно также показать [127, с. 46], что (2.35) выражает:

- целостность  $У$ ;
- относительную однородность  $Sp$ ,  $C$  и  $O$ ;
- открытость и взаимозависимость  $Sp$ , следовательно, и соответствующие характеристики элементов, множеств, операций и отображений.

Эта теория, вследствие присутствия  $C$  и  $O$ , не может быть интерпретирована как последовательность  $\Gamma$ - операторов и быть представлена в виде комбинации (2.2- 2.5).

Следовательно, (2.35) удовлетворяет необходимым условиям, и потому может использоваться для непосредственного исследования  $C$ - пространства. Схема интуитивного конструирования, как основного метода такого исследования, соответствует (2.35).

**Объективность и верифицируемость.** Сначала, с целью определения возможностей известных методов, рассмотрим существующую теорию доказательств [48]. Она включает несколько подходов, неодинаково убедительных для представителей разных математических школ.

а. *Финитистский подход* основан на использовании только абстракции потенциальной осуществимости и распространяется на конструктивные объекты и функции. Его основным преимуществом является отсутствие антиномий и, по мнению современного автора, «с философской точки зрения он значительно более удовлетворительно отражает конструктивные процессы реальной природы, чем общая теоретико-множественная математика» [48, т.2, с.369]. Ограничения соответствуют условиям применимости  $K$ - операторов.

б. *Метод формализации.* Особенности и ограничения охарактеризованы выше.

в. *Теоретико-модельные* методы являются вершиной формализации; их суть состоит в построении алгебраической системы, являющейся моделью формальной теории, при условии, что все выведенные формулы последней истинны в семантике, порожденной алгебраической системой.

Такое моделирование опирается на теоремы Геделя (любое непротиворечивое исчисление с классической логикой имеет модель) и Мальцева (если какой-либо конечный фрагмент исчисления имеет модель, то и все исчисление имеет модель). В этом случае проблема доказательности решается на основе сопоставления эквивалентных моделей. Ограничения такие же, как и для метода формализации.

г. *Полуформальные методы.* Для правил вывода допускается использование бесконечного числа конструктивно порожденных посылок. Границы – могут быть несколько шире, чем для L- и K- операторов.

д. *Неклассические исчисления* не являются общепринятыми. Доказательство опирается на использование более мощных средств, чем L- и K- операторы. Суждения строятся для известных математических объектов, отвечающим обычным условиям и ограничениям.

Насколько объективны эти ограничения? Если понимать K- оператор только как Г- оператор, то они объективны. Но такое понимание не является единственно возможным. Убедительность проведенного с помощью эффективных построений доказательства не связана с логическими доказательствами; больше того, наличие «действующей» модели само по себе предполагает достоверность независимо от способа ее получения. Таким образом, существует возможность использования K-оператора для построения ОМ как элемента внелогической и небинарной ТС (рис. 2.18).

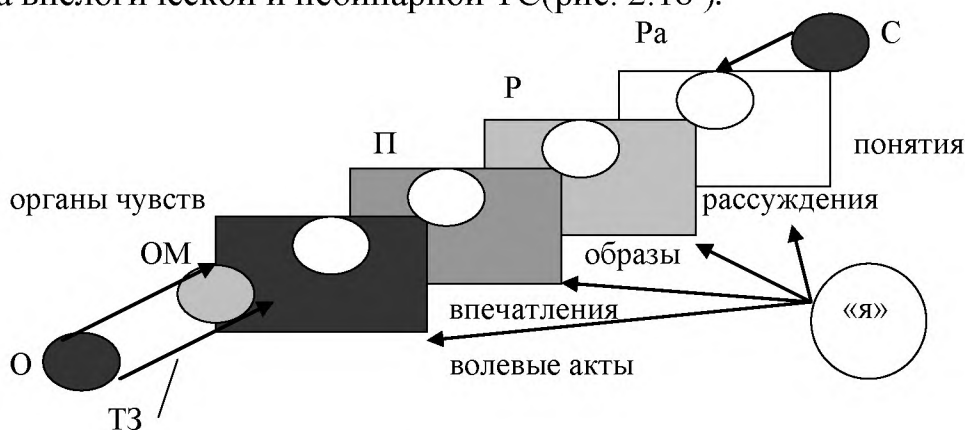


Рис. 2.18. Интерпретация схемы интуитивного конструирования (2.35). Развивая эти положения, наведем несколько утверждений.

**Утверждение 2.3.** *32 целиком или частично может быть выражено средствами M и OM.*

**Доказательство:** а. Поскольку 32 относится структурам ОПРР - «я», то оно является относительно однородным M и потому целиком или частично может быть выражено его средствами.

б. Поскольку  $\mathbb{Z}2$  - проекция, то она может соответствовать более, чем одному  $O$ ; в таком случае  $O$ , отличный от исходного, является объектной моделью настройки.

Сущность объективности поясним таким примером. Геометрическое доказательство является объективным, поскольку дедукция не зависит от свойств конкретного индивида, то есть объективность обеспечивается внеличностностью процесса познания. Справедливо

**Утверждение 2.4.**  $\mathbb{Z}2$  объективно.

**Доказательство:** Поскольку интуитивное познание, соответствующее схеме (2.35), внеличностно, а  $\mathbb{Z}2$  - его отображение в структурах ОПРР - «я», то получение  $\mathbb{Z}2$  является внеличностным, и  $\mathbb{Z}2$  - объективно.

**Утверждение 2.5.**  $\mathbb{Z}2$  верифицируемо.

**Доказательство:** Достаточно указать способы верификации - вывод по достаточному основанию [187] и ОМ, обеспечивающую практическую проверку.

**Применение метода интуитивного конструирования** включает следующие стадии:

- построения ОМ;
- психофизиологической настройки;
- интуитивного восприятия;
- фиксации и интерпретации результата восприятия.

Прокомментируем их.

1). Построение ОМ производится конструктивно.  
2). Необходимость соответствия граничным условиям порождает следующие особенности формирования представлений об объекте:

- для настройки должны использоваться такие представления, которые не являются полностью рационалистическими;
- компоненты представлений должны быть подчинены контексту или композиции представления в целом;
- должны существовать различные представления, обеспечивающие настройку на один и тот же объект  $O$ ;
- представления должны допускать внеличностный характер настройки.

3). По окончании восприятия возникает необходимость фиксации, интерпретации и проверки  $\mathbb{Z}2$ , когда возможно использование результирующих ОМ и средств  $M$ .

Таким образом, метод интуитивного конструирования, включающий построение конструктивных ОМ, формирование представлений об объекте, приемы настройки и восприятия, теоретические и экспериментальные способы проверки утверждений, отвечает условиям объективности и верифицируемости и может использоваться для исследований Сп.

Поскольку приведенные характеристики не нарушают условий 2.12. и соответствуют утверждениям 2.2-2.5, очевидным является итоговое

**Утверждение 2.6.** *Метод интуитивного конструирования, включающий построение конструктивных ОМ, формирование представлений об объекте, приемы настройки и восприятия, теоретические и экспериментальные способы проверки утверждений, отвечает требованиям объективности и верифицируемости и может использоваться для исследования Сп.*

Как видно из приведенных материалов, существует определенное единство средств описания и следования. Следствием этого единства выступает связь речевой формы и ее обозначения в том случае, когда они являются настройками на один и тот же объект. Докажем положение, больше сильное, чем утверждение 2.3.

**Утверждение 2.7.** *Средства М достаточны для настройки на восприятие любого О.*

**Доказательство:** Поскольку М сохраняет не теоретико-множественное отношение целого и части (не выполняются аксиомы объемности и свертывания), а содержание слов определяется контекстом предложения или текста, то имеют место:

- построение языка по принципу «зверху вниз»;
- небинарность и неаддитивность как морфологии, так и семантики языка;
- нераздельность синтаксиса и семантики.

Далее, язык является границей, что определяет, согласно свойств 2.8-2.9, объективность содержания и субъективность смысла понятий, откуда следует, что М удовлетворяет условиям дополненности 2.2-2.6, и, следовательно, может использоваться в качестве средства, задающего настройку на любой объект.

Тогда соотношение 32 и 31 определится так:

**Свойство 2.19.** *32 есть часть границ О, которая может быть выражена средствами М, а 31- его конвенциональна ДГМ или НГМ.*

Как видно из вышеизложенного, существует определенное единство способов описания и исследования. Следствием этого единства выступает связь языковой формы и ее обозначение в том случае, когда они есть настройками на один и тот же О.

**Сравнение.** Покажем существования определенной аналогии между методом интуитивного конструирования и конструктивными (синтетическими) методами прикладной геометрии [75,198,199,219].

Таблица 2.2. *Аналогия синтетических методов и интуитивного конструирования для задач конструирования.*

Пункт сравнения	Синтетические методы	Интуитивны конструирования
Задача	выделения линейчатой поверхности визуально оптимальной формы из четырехпараметрического множества прямых пространства	выделение оптимальной компоновочной схемы системы отображения информации из множества сценариев самоорганизации С-пространства
Условия выбора	3 направляющие, и т. п.	количество С и О

Дополнительные условия	форма и метрические характеристики направляющих, симметрия, и т.п.	группы симметрии, количественные значения характеристик слоев
Проверка оптимальности	визуальна, на наглядных изображениях	сравнение с закономерностями восприятия и распознавания

**Требования к другим методам исследования Сп и проектирования ЭС и ТС.** Прикладные методы оперируют с нормативными и экспериментальными данными, обработанными с применением статистических и иных средств. Их ограничения не соответствуют условиям допвнительности ВМ Сп. Следовательно, необходимым является переход от Вм к ОМ (глава 4), и для правильного выбора конструктивных схем построения ОМ необходимо определить ограничения в явном виде. Для этого надлежит снова воспользоваться методом границ.

В процессе обработки и для представления экспериментальных данных применяются такие способы:

- *параметризация*, состоящая в том, что объект описывается набором констант, переменных или функций, геометрически интерпретируемых как точка, линия или поверхность в n-мерном пространстве [101,153];
- *дискретизация*, состоящая в замене непрерывного объекта или процесса набором точек или множеством функций, которое сохраняют его важные свойства [155]. Возможен и обратной прием - интерполяция или аппроксимация по дискретному множеству;
- *графо-аналитические методы*, которые предполагают представление результата в графической форме; к этой группе относятся *номограммы, графы, схемы и диаграммы* [78,239,274];
- *методы компьютерной геометрии*, которые состоят в дискретизации, параметризации и оптимизации моделей из их наглядным представлением способами машинной графики [212].

**Граничные условия.** Из приведенных характеристик методов видно, что ограничениями для них являются: финитность; возможность алгоритмического разрешения; эффективность построений, что позволяет *отнести их к конструктивным и ограничить область их применения выполнением условия 2.2.*

**Методы построения изображений.** Выясним, не добавляют ли известные способы [31,37,66,73,86,179,200,202,221] дополнительных ограничений. Отметим самые важные характеристики.

*Область определения.* В современных работах [102,с.6] отображение определяется так: «*Есть два множества геометрических элементов  $M_1 = (a_1, a_2, \dots, a_i)$  и  $M_2 = (b_1, b_2, \dots, b_j)$ , содержащие конечное или, чаще, бесконечное число членов. Члены этих множеств сопоставляются с помощью некоторого многосвязного отношения такого, что избрав в  $M_1$  несколько элементов, например  $a_1, a_2 \dots, a_n$  (число  $n < i$  заранее фиксировано), находим в  $M_2$*

соответствующий набор элементов, например  $b_1, b_2 \dots, b_m$  (число  $m < j$  заранее фиксировано)» (рис. 2.19. [241]).

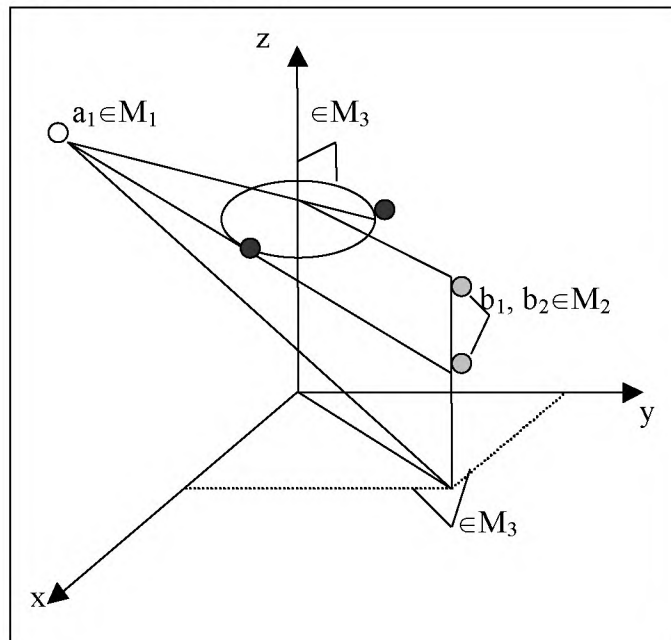


Рис 2.19. Схема типового отображения

Отображение задается для двух множеств объектов (бинарность), которые удовлетворяют граничным условиям 2.1 или 2.11 (аддитивность). Тесная связь отображений и множеств послужила основанием для их обобщающего рассмотрения как категории классов объектов и морфизмов. Категория определяется следующим образом.

Множество объектов  $Obj$  и морфизмов  $Morf$  являются категорией при выполнении следующих условий [29, 276]:

1. Каждой упорядоченной паре объектов  $A, B$  сопоставлено множество  $H(A, B)$  с морфизмов, такое, что для  $a \in H(A, B)$   $A$  есть область определения, а  $B$  - область значений  $a$  ( $a: A \rightarrow B$ );
2. Каждый морфизм принадлежит только одному множеству  $H(A, B)$ ;
3. Произведение морфизмов (интерпретируется как последовательное выполнение преобразований)  $a*b, a: A \rightarrow B, b: C \rightarrow D$  определено тогда и только тогда, когда  $B=C \in H(A, D)$ ;
4. Для  $a: A \rightarrow B, b: B \rightarrow C, g: C \rightarrow D$  выполняется  $(a*b)*g = a*(b*g)$ ;
5. Существуют тождественные (единичные) морфизмы, такие, что для  $H(A, A)$  выполняется  $a*1 = a$  и  $1*b = b$  для  $a: X \rightarrow A$  и  $b: A \rightarrow Y$ .

Далее, рассматриваются отображения графов в категории - диаграммы, категории в себя или в иную категорию - функторы [29, 276, 279]. Они могут быть сопоставлены с  $\Gamma$ -операторами для НГМ и ДГМ (2.2- 2.5) с ограничениями 2.1-2.2, а при выполнении так называемых  $NGB$  аксиом - отождествлены с ними.

Аппарат. Продолжим цитату из [102]: «Для того, чтобы от элементов  $a_1, \dots, a_n$  можно было перейти к соответствующим элементам  $b_1, \dots, b_n$ , необходимо иметь некую процедуру  $A$ , включающую в себя набор постоянных,

опорных элементов  $M_3(P_1, \dots, P_k)$  и множество переменных геометрических образов  $M_4=(Q_1, \dots, Q_l)$ , зависящих от выбора элементов  $a_1, \dots, a_n$  в  $M_1$ .

Требуется для заданных множеств  $M_1, M_2$  и наложенного на них многосвязного отношения подобрать алгоритм  $A$ , усовершенствовать его структуру и выразить его на языке более эффективной геометрической модели. Показанную здесь конструкция было предложено назвать геометрической машиной».

Набор типов и характеристик применяемых отображений чрезвычайно велик. Во многих случаях отображения имеют инвариантные характеристики, которые позволяют объединять их в группу, которая определяется таким образом.

Пусть между точками пространства установлены бинарные соответствия, такие, что имеет место ассоциативность операций, существование тождественного и обратного преобразований. Теория инвариантов этой группы определяет пространство некоторой геометрии [91] (классификация Кели-Клейна).

**Граничные условия.** Из приведенного обзора видно, что, отображение, как и иные компоненты геометрической системы, удовлетворяют предельным условиям 2.1. или 2.2., то есть не вводят дополнительных ограничений.

Отсюда, требования к нетеоретическим методам работы определяются в следующем образом:

**Условие 2.14.** Методы построения изображений и прикладные методы работы должны удовлетворять граничным условиям 2.1.-2. 2.

## Глава 3. САМООРГАНИЗАЦИЯ С- ПРОСТРАНСТВА

Для получения результатов, которые позволили бы спрогнозировать оптимальную организацию ЕС и ТС в соответствии с рассмотренным в первой главе подходом, необходимо решение двух основных задач:

- исследование самоорганизации С- пространства, то есть: механизмов возникновения и исчезновения множеств и элементов в ходе расслоения–свертки  $Sp$ ; правил взаимного перехода волн и солитонов; реализации операций над С- элементами и С- множествами; а также формирование координатных систем и реализации измерений, в зависимости от влияния С и О;
- проверка полноты и непротиворечивости аксиоматической модели С- пространства по критерию 2), а также путем сравнения с известными закономерностями организации систем.

Для описания применяется *естественный язык* (в некоторых случаях - и средства формализации); для исследования - *метод интуитивного конструирования*.

### 3.1. Образование С- множеств и С- элементов

Проверка полноты и непротиворечивости системы аксиом по критерию 2) традиционно сводится к доказательству независимости и непротиворечивости следствий аксиом какой-либо группы от аксиом других групп, а также выяснению, необходимо ли добавление не зафиксированных в аксиоматике предположений [57]. Учитывая целостность и наличие приоритетов в системе аксиом волновой модели, а также ограничение в применении формальных способов описания и верификации, конкретизируем этот порядок следующим образом:

1) Вначале необходимо рассмотреть следствия аксиом первой группы и проверить, являются ли они непротиворечивыми, независимыми и не требующими дополнительных предпосылок. Если это так, тогда

2) Добавляется аксиома второй группы и рассматриваются их общие следствия. Если они тоже непротиворечивы, независимы и т.д., добавляются аксиомы третьей, а затем и четвертой групп и процедура повторяется.

3) Ответ на вопрос, какие именно следствия следует разглядывать, дают практические задачи работы - определения последовательности, приоритетности и т.д. структур, процессов и измерений ЕС и ТС, потребности оптимизации, и т.п.

В соответствии с этими положениями, рассмотрим вначале лишь те свойства  $Sp$ , которые выводятся с аксиом первой группы.

Рассмотрим причины, пути и количественные характеристики самоорганизации С-пространства, под которой будем понимать его расслоение под влиянием внешних факторов с образованием С- множеств и С- элементов.



**Причины и характеристики расслоений.** Аксиомы существования качественно описывают структуру  $Sp$  и последовательность расслоений, но не конкретизируют причин и не вводят количественных характеристик. Установим эти причины и характеристики.

Пусть один  $C$  взаимодействует с одним  $O$ .<sup>1</sup> В соответствии с аксиомами 1.1.–1.5.,  $Sp$  является самостоятельным и открытым для внешних влияний граничным пространством, образованным в результате распада универсума. Его структура выражает и отношение тождества  $C$  и  $O$  в  $U$ , и их отличия. В первом случае  $Sp$  является аппаратом  $TC$ , во втором – проекцией  $C$  или  $O$ . Рассмотрим следствия тождества  $C$  и  $O$ .

Из существования  $TC$  следует одинаковость  $C$  и  $O$  в всех отношениях, кроме тех, что выражаются в  $Sp$ . Поэтому  $C$  и  $O$  симметричны относительно  $Sp$ , а само  $Sp$ , как проекция и  $C$  и  $O$ , отражает этот факт. Следовательно, 1)  *$C$ -пространство симметрично*. Поскольку в ходе расслоения отношения  $C - Sp - O$  не изменяется, то 2) *симметрия  $Sp$  сохранится при его расслоении*. Поскольку возникновения  $Sp$  не привносит в  $U$  какого-либо импульса, его «энергия» равна нулю, а это означает, что 3)  *$C$ -пространство является кососимметричным*.

Эти соображения дают основание различать симметричные половины  $Sp$ . Назовем их *субъектной* и *объектной* и введем сигнатуру для характеристики принадлежности множеств и элементов  $Sp$ . Записи  $\square^+$ ,  $\cup^-$  будем интерпретировать как структуры, относящиеся к субъектной и объектной частям  $Sp$  соответственно.

Будем обозначать:

$\{P\}$  – совокупность допустимых расслоений;

$p_i$  – текущее расслоение из  $\{P\}$ ;

$\{x(p_i)\}$  – набор его характеристик;

$x_j$  –  $j$ -тую характеристику из  $\{x\}$ .

Имеет место

**Утверждение 3.1.** Допустимыми является только такие расслоения, которые сохраняют косую симметрию  $Sp$ :

$$\{P\}: x_j^+, x_{j-}\{x(p_i)\} \quad (3.1)$$

Возможность отождествления  $C$  и  $O$  нуждается в осуществимости процесса, обратного расслоению – уменьшению количества элементов и множеств вследствие их исчезновения после прекращения наблюдения – т.е. свертки ( $Sv$ ) (аксиома 1.5.).

Как и для  $P$ , для  $Sv$  справедливо:

**Утверждение 3.2.** В процессе свертки сохраняется косая симметрия  $Sp$ :

---

<sup>1</sup> Другие варианты взаимодействий будут рассмотрены ниже; итоговая классификация приведена в конце главы.

$$\{C_k\}:x_k^+,x_k^-\{x(c_i)\}, \quad (3.2)$$

где  $\{C_k\}$  – совокупность сверток;  
 $c$  – текущая свертка.

Связь  $C_k$  с соответствующим  $P$ , при условии, что наблюдение прекратилось на  $N$ -ом расслоении, определится по формуле:

$$x_j(c_k) \leftrightarrow x_j(p_{i+1}^-), \quad (3.3)$$

где символ  $\leftrightarrow$  означает изменение направленности процесса.

Наличие *симметрии*, как признака целостности системы, подтверждается многими исследованиями [26, 74].

Теперь рассмотрим отношения заличия  $C$  и  $O$ . В этом случае тернарная связка распадается. Отношения  $C - Sp$  и  $O - Sp$  выражаются с помощью  $P$  и  $P_3$  соответственно. Таким образом,  $P_3$  и в интерпретируются как  $H$ , что обеспечивает актуализацию  $C$ - множеств и  $C$ - элементов.

Процесс расслоения должен отражать факт распада целостного универсума на  $C$  и  $O$ . Это возможно только тогда, когда характеристики  $C$ - элементов и  $C$ - множеств, которые проявляются на следующей стадии расслоения, так относятся к соответствующим характеристикам текущего слоя, как они, в свою очередь, относились к соответствующим характеристикам предыдущего слоя, то является при соблюдении гармонического отношения. Следовательно, процесс расслоения должен удовлетворять такому условию:

**Утверждение 3.3.** Допустимыми является те и только те расслоения, характеристики  $C$ - элементов и  $C$ - множеств текущей стадии которых находятся в гармоническом отношении с характеристиками соответствующих элементов и множеств предыдущей стадии:

$$\{P\}:x_j(p_i)/x_j(p_{i-1}) = \Phi, \quad (3.4)$$

где  $\Phi = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \approx 0,618...$  – количественная характеристика «золотой пропорции»<sup>2</sup>.

Поскольку  $\Phi$  – иррациональное число, а количество множеств и элементов, которое образуются при расслоении – целое, справедливы:

**Следствие 1.** Суммарное количество элементов и множеств, которое проявляются при расслоении, не является ограниченным.

**Следствие 2.** Отношение количества элементов и множеств текущей стадии к количеству элементов и множеств предыдущей стадии при неограниченном расслоении стремится к  $\Phi$ .

<sup>2</sup> Используется также характеристика  $1,618...$ , равная  $\Phi+1$ , или  $\Phi^{-1}$ ; между  $\Phi$  и числом  $\pi$  существует такая связь:  $(\pi^2/4)^2 \approx 0.617 \approx \Phi$  [45,с.34].

Число  $\Phi$  также рассматривается как фактор целостности [45,74]; таким образом, и этот прогноз оправдывается.

Определение «общих» ограничений – наличия симметрии и «золотого сечения» – при практическом применении позволяет оценивать возможные варианты организационной составляющей структур ЭС и ТС.

**Отношения множеств и элементов.** Количество множеств и элементов слоя будем помечать *индексом слоя* (аналог кардинального числа множеств), например, записи  $\square^+_5, \square^+_{5i}$  означают множества субъектной половины, которые относятся к слою, который содержит пять множеств; второй индекс указывает количество элементов каждого множества.

Установим связь между индексом и номером слоя (стадии расслоения).

Соответственно следствию 2 утверждения 3.3., отношение индексов для текущих и предыдущих слоев стремится к  $\Phi$ . Этой закономерности отвечает ряд чисел Фибоначчи [48], получаемый следующим образом.

Пусть  $n$ – текущий член ряда,  $n-1, n-2$  – предыдущие. Тогда

$$n = n-1 + n-2 \quad (3.5)$$

Подстановка дает такие первые числа ряда:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55...

Легко прийти к утверждению, что отношение текущего количества к следующему действительно стремится к  $\Phi$  по мере увеличения номера числа. Тогда соответствие между номером и индексом слоя будет выражаться соотношениями:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10... m

1 1 2 3 5 8 13 21 34 55... n,

$$\text{где } n \approx \frac{1}{\sqrt{5}} ((\Phi + 1)^m + (\Phi + 1)^{-m}) [48, \text{т.5, с.611}] \quad (3.6)$$

Сформулируем утверждения о сценарии расслоения–свертки.

**Утверждение 3.4.** В случае, когда с одним С взаимодействует с одним О, реализуется только один сценарий расслоения–свертки, в котором количества элементов всех слоев, начиная с первого, приравнивают количествам ряда Фибоначчи.

Исследование целостных систем [45,74] подтверждают, что как раз к числам Фибоначчи тяготеют количества их элементов на различных уровнях организации.

При использовании свойства 3.4 при практической организации структуры ЭС или ТС следует обязательно учитывать его ограничение: оно относится к конкретному сценарию расслоения.

На рис. 3.1а показаны возможные сценарии самоорганизации; наблюдение актуализирует один из них, например, изображенный на рис. 3.1б. При изо-

бражении  $C$ - элементов и множеств соблюдаются условности, оговоренные в предыдущей главе.

**$C$ - множество и  $C$ - элемент.** Аксиома 1.4. устанавливает существование  $C$ - элементов; в то же время, согласно следствию 1 утверждения 3.3., процесс расслоения бесконечный, и нет такой окончательной стадии, которая содержала бы только элементы. Одновременное выполнение обоих условий возможно только в том случае, когда в процессе расслоения изменяется статус хотя бы некоторых  $C$ - множеств и  $C$ - элементов. С учетом утверждения 3.4., имеем

**Свойство 3.1.** Структуры текущей стадии расслоения являются  $C$ - элементами относительно хотя бы одной с структур предыдущей стадии. По крайней мере одна с структур текущей стадии является  $C$ - множеством для структур следующей стадии.

**Следствие 1.** Все слои, которые проявились, кроме последнего, содержат по крайней мере один солитон.

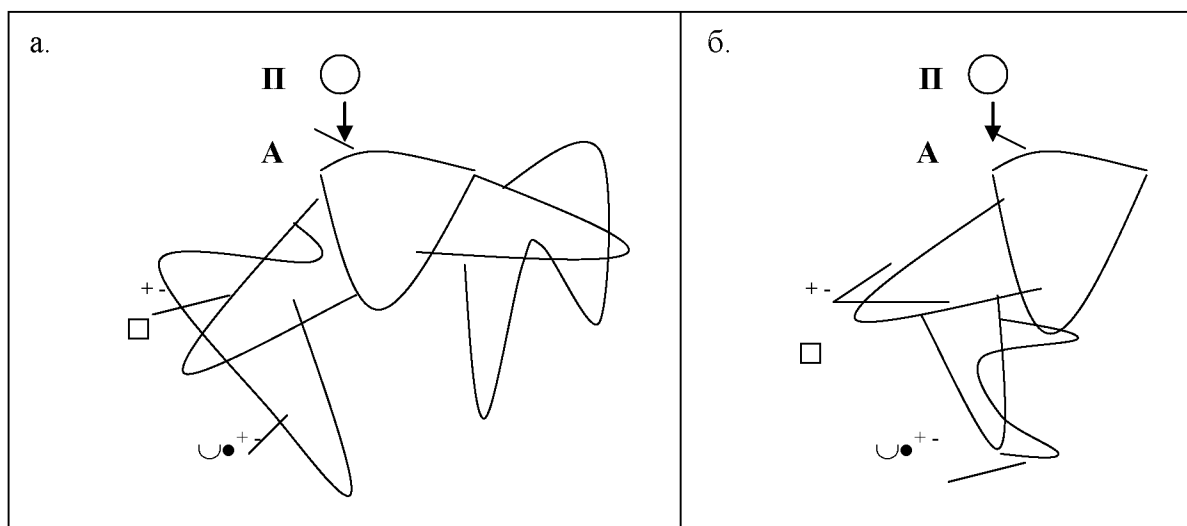


Рис. 3.1. Примеры сценариев самоорганизации  $Sp$

Таким образом, в качества  $C$ - элементов выступают все структуры последнего слоя, который проявились, и часть структур предыдущих ему слоев. Аналогичное свойство имеет место и для свертки:

**Свойство 3.2.** Все структуры текущей стадии свертки является элементами относительно хотя бы одной структуры следующей стадии.

**Волна и солитон.** Согласно аксиоме 1.5., солитон образуется из волны при ее наблюдении. Поскольку (свойство 3.3.) образование  $\bullet^+$  будет обязательно сопровождаться образованием кососимметричного ему  $\bullet^-$ , то механизм образования солитона должен быть таким (рис. 3.2):

- 1)  $H$  инициирует взаимное погашение двух половинок кососимметричных волн;
- 2) половинки, которые остались, превращаются в солитоны, поскольку теряют возможность изменяться по закону периодических колебаний.

**Сценарии расслоения.** Учитывая роль  $H$  в инициировании расслоения  $Sp$  и  $C$ - множеств (аксиомы 1.3. и 1.4.) и при переходе от волны к солитону (ак-

сиома 1.5.), а также установленную свойством 3.2. двойственность множества и элементу, предложим такой сценарий расслоения.

Под влиянием  $H$  происходит актуализация  $Sp$  (аксиома 1.1.)

Дальше происходит одновременный (согласно свойства 3.1.) переход:

$$H\{\cup_1^+ \rightarrow \bullet^+_1; \cup^{-1} \rightarrow \bullet^{-1}\} \quad (3.7)$$

Здесь нет необходимости погашения половинок волн (рис. 3.3).

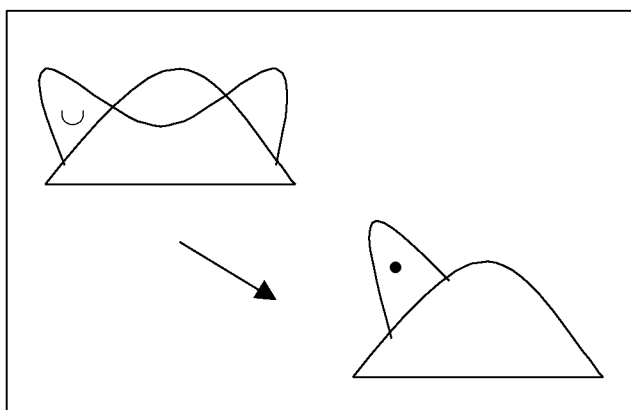


Рис. 3.2. Образование солитона

Здесь не маеи необходимости погашения половинок волн

Следующие расслоения  $C$ - множеств происходят по такой схеме:

переход одной из волн последнего слоя в солитон (обозначенный тонкой линией на рис. 3.4);

образование волн на «поверхности» солитона так, чтобы их суммарное количество было равно индексу соответствующего слоя (рис. 3.4 ).

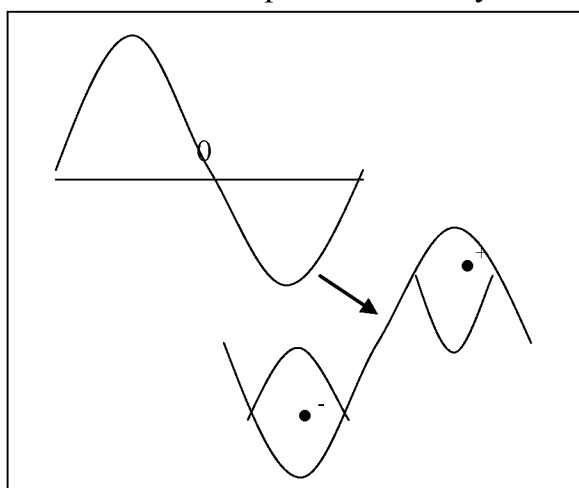


Рис. 3.3. Образование  $Sp^+$  и  $Sp^-$

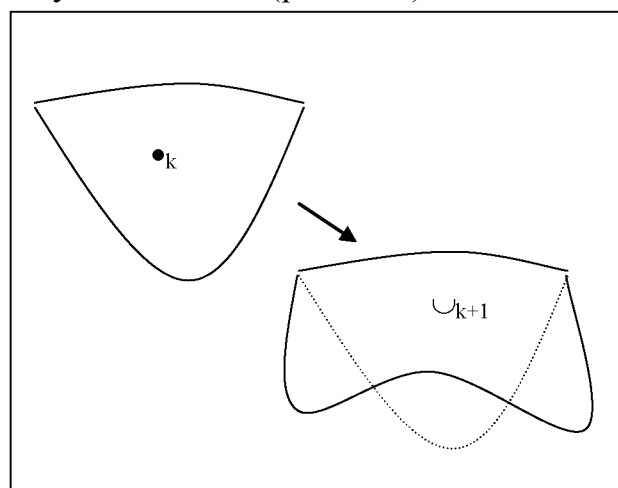


Рис. 3.4. Образование волн на поверхности солитона

Рис. 3.2.-3. 4. иллюстрируют ход расслоения  $Sp$  как аналогию увеличения длины фрактальной кривой при изменении масштаба. Эта аналогия достаточно продуктивна, например, для исчисления размерности  $Sp$  и, беря практический пример, понимания последовательности распознавания (глава 5).

**Количественные характеристики и качественные расхождения.** Под потенциалом ( $\pi$ ) Сп будем понимать характеристику способности к взаимодействиям и изменениям, «захваченную» часть «пространства» У, предопределенную отношением распада на С, О, Сп. Потенциал является интуитивной, формально неопределенной характеристикой, такой же как, например, энергия, масса, заряд в физике; он выражается для каждого из С- элементов в условных единицах относительно потенциала Сп по результатам измерения (аксиомы 4-той группы). Установление связи потенциала с физическими единицами описывается в главах 5-8.

Применительно к моделированию и оптимизации технологической системы монолитного строительства потенциал может интерпретироваться, например, как ресурсы разного рода, соотношение ценности отдельных компонентов для достижения общих целей системы, мера ответственности руководства на разных уровнях организации и т.п.

Понятие потенциала позволяет трактовать погашение половинок волн при их переходе в солитоны как уменьшение потенциала Сп в целом, его рассеяние в У. Отсюда следует необратимость эволюции Сп в данном случае; ее выражением служит

**Свойство 3.3.** Пусть потенциал  $\cup$  слоя  $n$  равен  $\pi_n$ . Тогда  $\pi_n > \pi_n^*$ , где  $\pi_n^*$  – потенциал после  $\{\cup \rightarrow \bullet, P_n \rightarrow_m C_{V_{m \rightarrow n}}\}$ ,  $m > n$ .

Но т.к. аксиомы не определяют, компенсирует ли  $H$  эту потерю, то теоретически возможными является сценарии расслоения с уменьшением, сохранением и возрастанием потенциала. При построении итоговой классификации эта возможность будет учтена. Наличие нескольких вариантов позволяет моделировать разнообразные ситуации взаимодействия. В дальнейшем будем считать, что наблюдение не компенсирует потерь потенциала.

Для оценки расслоения определим ту часть потенциала объектной или субъектной половины Сп, которая переходит от предыдущей стадии к текущей. Для каждого С- множества справедливо

**Свойство 3.4.** При расслоении С- множества с потенциалом  $\pi$  каждому элементу передается потенциал  $\pi_i$ :

$$\pi_i = \frac{\pi \Phi}{i}, \quad (3.8)$$

где  $i$  – индекс текущего слоя.

Таким образом, потенциал Сп (С- множеств) не равен сумме потенциалов составляющих элементов. Следовательно, (3.8) является формальным выражением неаддитивности и относительной однородности Сп и С- множеств. Отсюда следует:

**Утверждение 3.5.** Все связанные с потенциалом характеристики любого слоя разнообъемны характеристикам следующих слоев и не могут быть выражены ими даже при суммировании к  $\infty_{\Pi}$  или  $\infty_a$ , то есть отличаются качествен-

но. Наоборот, для характеристики следующих слоев могут использоваться характеристики текущего слоя.

Возможно использование С- элементов для кодирования 31. Его ограничивает

**Следствие 1.** Шенноновская оценка количества информации, закодированной с использованием С- элементов, должна проводиться для каждого слоя в отдельности.

Утверждение 3.5. является чрезвычайно важным для моделирования и оптимизации эргатических и технологических систем. Поэтому поясним его подробнее.

1. Утверждение позволяет провести определенную аналогию между построением С- пространства и объектами, как они понимаются в теории объектно-ориентированного программирования. Так, возможность доступа к коду объектов - «предков», который, как правило выражает абстрактные качества, объектами - «потомками», где они конкретизируются (наследование), также не имеет обратного действия и распространяется «сверху вниз». Инкапсуляция (объединение типов данных и процедур в одном объекте) находит, как будет показано ниже, параллель в обусловленности набора операций свойствами элементов. Третье ключевое понятие - полиморфизм (предоставление действию общего имени для всей иерархии объектов, при его реализации для каждого из них отдельным способом) - аналогично возможности получения различных результатов одноименного взаимодействия в зависимости от состояния и места объектов, которые взаимодействуют. Но следует указать и на фундаментальное отличие - для объектно-ориентированного программирования эти качества имеют конвенциональный характер, тогда как для Сп они являются следствием целостности и неаддитивности.

2. Интерпретация компонентов различной природы, как относящихся к различным слоям, позволяет объединять в одной модели несравнимые характеристики, не нарушая целостности системы. Их вес определится в соответствии с величиной потенциала компонентов; связь между условной величиной потенциала и физическими единицами определяется из нормативов или экспериментально.

3. При разработке способов верификации утверждение 3.5. позволяет установить правила нелогичного вывода суждений, которые включают интуитивные разнокачественные понятия, рассмотрев их связь как отношение С- множеств и С- элементов в рамках целостной системы. Можно, например, проследить, как потенциал Сп в различных слоях выражается как энергия, информация, пространственные характеристики и т.п. Нелогичный вывод применяется при исследовании интуитивного распознавания образов (подраздел 5.2).

Введем две зависящие от  $\pi$  характеристики. Определим длины волн для текущей и предыдущих стадий расслоения. Поскольку волны образуются при наблюдении солитонов, что в данном случае является С- множествами, а их количество является целым числом, они должны «укладываться» целое число раз в солитон. Имеем

**Свойство 3.5.** Длина  $l_k$  волны текущей стадии относительно длины волны предыдущей стадии определяется формулой

$$l_k = \frac{l_{k-1}}{2i}, \quad (3.9)$$

где  $k$  – номер текущей стадии.

Свяжем потенциал волны с длиной и амплитудой  $A$ :

$$\pi = f(l/2, A), \quad (3.10)$$

где  $f$  – функция пропорциональности, определяемая экспериментально. Оценкой потенциала волны будем считать потенциал ее половины.

### 3.2. Состояния элементов

Рассматриваются свойства, которые следуют из общего применения аксиом первой и второй групп в предположении взаимодействия одного  $O$  с одним  $C$ .

**Характеристики состояний.** Модальность состояния позволяет охарактеризовать поведение  $C$ -элементов в период между расслоениями, а также определить направленность эволюции  $Sp$ . Изменение состояний происходит по следующей схеме (рис. 3.5):

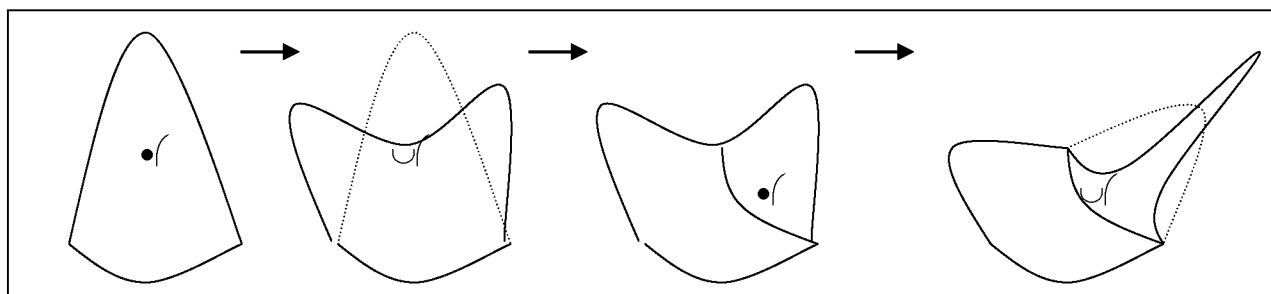


Рис. 3.5. Изменение состояний в ходе расслоения

1. Наблюдение солитона вызывает появление волн на его поверхности. (рис. 3.4). Амплитуда их колебаний увеличивается до тех пор, пока

$$\sum_{i=1}^I \pi_i < \pi_k, \quad (3.11)$$

где  $\pi_i$  – потенциалы волн слоя;

$I$  – индекс слоя;

$\pi_k$  – суммарный теоретический потенциал волн слоя согласно (3.8).

Такое поведение волн и определяется как возбуждение  $\cup$ .  $\cup$  вступают во взаимодействия, не приводящие к разрушению их структурной самостоятельности, при этом протяженность  $Sp$  увеличивается.



2. Когда  $\sum \pi_i = \pi_k$ , наблюдение переносится на одну из волн или последовательно на несколько волн, что приводит к возникновению солитонов (рис. 3.2).

3. Волны, которые не находятся под наблюдением, характеризуются уменьшением амплитуды и постепенным исчезновением – возвращением в состояние потенциального существования. Такое обращение волн определяется как угасание. При взаимодействии разрушается их структура.

4. При прекращении  $H$  элементов последнего слоя прекращается расслоение и начинается свертка  $Sp$ . Это интерпретируется как уменьшение количества признаков расхождений  $C$  и  $O$  в противоположность его увеличению при расслоении. Поэтому объясняется одновременным действием  $C$  и  $O$ , а прекращением их взаимодействия.

Отсюда следует ограниченность времени существования волн и солитонов и его обусловленность как взаимодействием с иными элементами, так и наличием  $H$ . Охарактеризуем измерение времени и определим время существования слоя.

*Измерение времени.* В качестве единицы измерения  $t$  удобно принять время, равное одному периоду волны. В этом случае имеем

**Свойство 3.6.** Каждый слой имеет свою единицу измерения времени, равную периода волны этого слоя.

**Свойство 3.7.** Единица измерения времени текущего слоя  $t_k$  так относится к единице измерения времени предыдущего, как длины волн этих слоев:

$$\frac{t_k}{t_{k-1}} = \frac{l_k}{l_{k-1}}, \quad (3.12)$$

где  $k$  – номер слоя;  
 $l_k$  и  $l_{k-1}$  связанные согласно (3.8).

**Свойство 3.8.** Возможны такие сценарии расслоения, для которых время существования каждого слоя, выраженный в относительных единицах, является одинаковым:

$$\forall k, \frac{T_k}{t_k} = const, \quad (3.13)$$

где  $T_k$  – время существования  $k$ -го слоя.

**Продолжительность расслоения.** Выше указывалось на неограниченность расслоения в том смысле, что не существует слоя, который содержал бы элементы, которые не является  $C$ - множествами для следующих, что означало бы окончание процесса (следствие 1 свойства 3.1.). Существует, тем не менее, его ограниченность во времени, обусловленная по временам существование первой волны  $Sp$ .

**Свойство 3.9.** Процессы расслоения и свертки имеют суммарную продолжительность, равную времени существования первой волны Сп.

Отсюда следует несколько следствий:

**Следствие 1.** Время существования Сп ограничено, то есть его эволюция эквивифинальна.

**Следствие 2.** Процесс расслоения возможный тогда и только тогда, когда время существования текущего слоя меньше времени существования предыдущего:

$$\forall k, T_k < T_{k-1} \quad (3.14)$$

**Следствие 3.** Пусть время свертки равно времени расслоения. Тогда время  $T_{0k}$ , что остался к окончанию процесса расслоения в начале  $k$ -ой стадии, равно

$$T_{0k} = \frac{T_1}{2} - \sum_{j=2}^{k-1} T_j \quad (3.15)$$

Таким образом, время для С-пространства характеризуется двумя качествами:

«*Стрелой времени*», что выражает необратимость эволюции (свойство 3.9. и следствия). Примеры «стрелы времени» для термодинамически неравновесных систем приведены в [61];

*Расслоением*, что выражает относительную однородность качественно различных процессов (свойства 3.6.–3.9). Одинаковым, например, считается количество делений клеток независимо от времени их жизни. Дискутируется идея о расслоении временного потока и об отдельном геологическом, биологическом, социальном и др. времени.

Практический смысл приведенных выше свойств – оценка времени существования отдельных компонентов по отношению к времени существования системы. Это позволяет прогнозировать и планировать модернизацию структуры, замену оборудования и т.д.

**Сравнение с другими теориями организации сложных систем.** Поскольку в [33,45,174, 175,209] используется стандартный математический аппарат, следует провести *сопоставления с теорией множеств* (табл. 3.1.).

**Таблица 3.1.** Отличия С- множеств и множеств

Уровни организации	Атрибуты множества	Атрибуты С- множества
пространство	абстрактное множество с определенной неизменной структурой; однородность	носитель множеств и элементов из изменяемой структурой; относительна однородность
множество	выполнения аксиом свертывания, Z, ZF; выполнение аксиомы объемности при	несводимость к элементам; невозможность точного сравнения

	сравнении множеств; иерархичность отношений множество - элемент; аддитивность образования потенциально осуществимых множеств; выполнение абстракции актуальной бесконечности для потенциально неосуществимых множеств	множеств через изменяемость при наблюдении; двойственность отношений множество - элемент; неаддитивность образования множеств в ходе расслоения Сп; качественные отличия свойств множества и элементов следующего слоя;
элемент	однородность; дискретность; независимость от С и О; независимость от других элементов; первичность относительно множества	относительная однородность волн и солитонов; протяженность, изменяемость; зависимость от С и О; зависимость от других элементов; стадиальность элемента и множества;

Далее, поскольку некоторое отличие в понимании ключевых понятий теории систем у различных авторов затрудняет проведение прямых сопоставлений, следует сравнить математический аппарат, структуру теории, факторы организации, ссылаясь на конкретные источники.

*Сопоставление с общей теорией систем Ю.А. Урманцева* - ОТС(У) [262, 263], (табл. 3.2.) интересна тем, что по своей структуре она аналогична реализованной в данной работе (включает систему категорий (всего 32) и аксиомы).

ОТС(У), делая акцент на роли симметрии в эволюционных процессах систем природы, общества и мышления [263], уделяет значительное внимание исследованию геометрических факторов, которые предопределяют их течение (перечисляются 8, 25, 255 способов системных преобразований, схема Келли для симметрии 8-го порядка, показывается роль асимметрии, приводятся примеры из оснований геометрии, теории групп и т.д.). Эти факторы описываются способами теорий множеств, операций и отображений (так, объекту-системе (ОС) может быть сопоставлена категория, системному преобразованию - функтор; имеет место редукция к первичным элементам, и т. П.). Следовательно, ОТС(У) использует существующий математический аппарат, отношение которого к Вм определяется граничными условиями. Поэтому, несмотря на общность объекта исследования и формальное сходство построения, они исходят из различных предпосылок.

**Таблица 3.2.** Сравнение ОТС(У) и Вм Сп.

Сравнение	ОТС(У)	Вм Сп
аналог множества	ОС, принадлежащая хотя бы одной системе объектов того же рода	С- множество - элемент предыдущего и множество следующего слоя
образование множеств	из первичных элементов $m$ множества $M$ по отношениям единства $\Gamma$ множества $R$ (синхронической и диахронической упорядоченности носителей развития и способов системных преобразований, детерминированности во времени, и т.п.) и законам композиции $Z$ множества $Z$ (запреты физических законов, отношение связи, порядка и т.д.),	в ходе расслоения открытого Сп под действием внешних факторов

	ограничивающие эти отношения	
развитие	понимается как ОС, первичными элементами которой являются объекты и фазы изменений; заданные R и Z	самоорганизация в ходе расслоения-свертки
законы развития	ОС в рамках системы объектов одного рода благодаря своему существованию и (или) дво-одноили нульсторонним связям со средой будет переходить по фиксированным законам $z \in \{Z\}$ : или в себя через тождественность, или в другую ОС посредством одного из семи преобразований изменения: количества, качества, отношений, количества и отношений, качества и отношений, количества, качества и отношений	сохранения симметрии $Sp^+$ и $Sp^-$ ; гармоничность отношений потенциалов; неаддитивность; закономерное изменение количества элементов и их характеристик; расслоение времени; роль операций и измерений
роль симметрии	симметрия - свойство системы после изменений совпадать за некоторым признакам с самой собою	условие выполнения законов сохранения
первичные элементы	носители развития - объекты и фазы; способы системных преобразований; источника развития - законы отбора	$\circ, \square, \cup, \bullet$ ; расслоение-свертка; взаимодействие $C \text{ и } O$

Следовательно, главное отличие состоит в том, что законы развития  $ОТС(U)$  являются эмпирическими и вытекают из физических, биологических и иных данных, тогда как прогнозы  $Вм$  выводятся из аксиом<sup>3</sup>. Это делает ее более абстрактной и «инвариантной», то есть,  $Вм$  является геометрической теорией, тогда как  $ОТС(U)$  - нет. Далее,  $ОТС(U)$  указывает больше закономерностей эволюционных изменений, тогда как  $Вм$  - больше факторов организации. Неаддитивность и относительна однородность, расслоение времени, роль операций и измерений для  $Вм$  не имеют аналогов в  $ОТС(U)$ .

**Сопоставление с теориями гармонии систем Е.М. Сороко и В.И. Коробко [144,249]** демонстрирует такие отличия:

1) гармония систем рассматривается как следствие гармоничного отношения  $C$  и  $O$  (бинарность, однородность, частный случай целостности), тогда как  $C$ - пространство вводится как граничное открытое пространство в результате распада  $U$  на  $C \text{ и } O$  (тернарность, относительная однородность, общий случай целостности);

2) для выражения гармонии используется обычный математический аппарат; для моделирования  $Sp$  применяется  $Вм$ , что дает возможность вводить новые характеристики (потенциал и другие), проводить расчеты неаддитивных структур, исследовать роль операций и измерений;

3) в [144,249] к факторам целостности относят «золотое сечение», и, отчасти, числа Фибоначчи и симметрию; для  $Вм$  их набор значительно шире;

4) в названных работах (в особенности в [249]) приводится большое количество примеров и расчетов, что очень важно для проверки отдельных положений теории самоорганизации  $C$ - пространства.

<sup>3</sup> связь аксиоматики  $Вм Sp$  со свойствами сложных систем и закономерностями познания рассмотрена во второй главе.

**Резюме.** Вм и теория самоорганизации имеют более широкие возможности для моделирования ЕС и реализации предложенной в первой главе стратегии оптимизации.

### 3.3. Операции

Определим характеристики и свойства, которые вытекают с общего рассмотрения аксиом 1–3–ей групп [42].

**Параллельность и перпендикулярность элементов.** При взаимодействии  $C$  с несколькими  $\{O\}$  (рис. 3.6)  $Sp$  расслаивается по сценариям  $\{P\}$  так, чтобы  $P_i \rightarrow O_i$  (символ « $\rightarrow$ » означает «обусловленный  $O_i$ »),  $P_i \in \{P\}$ ,  $O_i \in \{O\}$ .

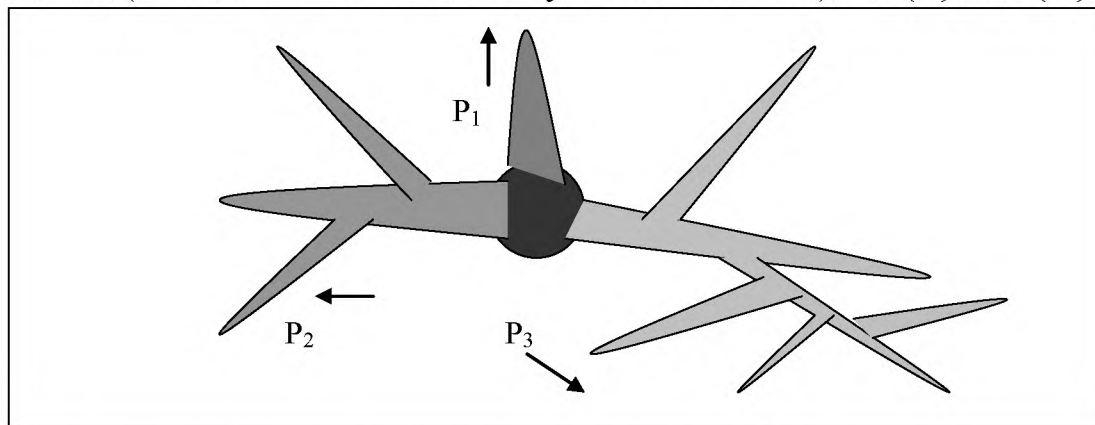


Рис. 3.6. Расслоение  $Sp$  при взаимодействии  $C$  с  $\{O\}$

Выполняются условия:

1) качественные различия  $ClO_i, ClO_j, O_i, O_j \in \{O\}$ , должны соответствовать относительно однородным структурам своих расслоений.

2) подобные различия  $ClO_i, ClO_j, O_i, O_j \in \{O\}$ , должны соответствовать однородным структурам, которые образуются в результате  $P_i, P_j \in \{P\}$ , что предполагает количественное сравнение.

Первое условие интерпретируется как взаимодействие

$$\cup \bullet_i \text{ и } \cup \bullet \quad (3.16)$$

(3.16) является необходимым и достаточным, так как охватывает все операции над относительно однородными элементами (аксиомы 3.2.–3.4., 3.6. 3.9.), что требует их перпендикулярности.

Второе условие понимается как взаимодействие

$$\cup \bullet_i \text{ и } \cup \bullet_j \parallel ; \cup \bullet_i \in \square_k, \cup \bullet_j \in \square_k \quad (3.17)$$

(3.17) является необходимым, так как взаимодействие однородных элементов – суперпозиция – требует, соответственно аксиоме 3.1., наличия параллельных элементов. Достаточность (3.17) предполагает отсутствие суперпозиции параллельных элементов одного расслоения, а именно:

- элементов одного слоя;

- элементов различных слоев.

Покажем, что такие элементы действительно не будут взаимодействовать по правилу суперпозиции.

а. Согласно свойства 3.5., длины волн любого слоя такие, что солитон, который является  $S$ -множеством этого слоя, образует целое число волн. Соответственно утверждению 3.1., симметрия  $S_p$  сохранится при его расслоении. Поэтому каждый слой является симметричным и справедливым является следующее

**Свойство 3.10.** Пусть слой содержит только волны и не содержит солитонов. Тогда он имеет порядок симметрии, равный своему индексу.

Поскольку взаимодействие волн одного слоя нарушила бы симметрию, имеем

**Следствие 1.** Волны одного слоя не взаимодействуют до тех пор, пока сохраняется его симметрия.

б. Элементы различных слоев также не подлежат суперпозиции, так как имеют потенциалы, которые значительно отличаются, и, например, потенциал  $\cup_8$  относится к потенциалу  $\cup_3$  как  $\Phi/2*5*3 = 1/30$  (3.8), а их длины – как  $1/2*5*2*8 = 1/160$  (3.9), то есть отличается больше, чем на один или два порядка, а это приводит или к поглощению «малой» волны, или к оббеганию нею «большой» волны, что приводит, согласно аксиомам 3.3. и 3.4., к взаимодействию типа интерференции. Таким образом, условие (3.16) также является необходимым и достаточным.

Теперь необходимо рассмотреть сценарии расслоения, которые приводят к появлению параллельных и перпендикулярных элементов.

**Образование только параллельных структур** (рис. 3.7). В этом случае для каждого с  $P_i$  выполняются утверждения 3.4. и свойство 3.10. Образуются только однокомпонентные волны, причем количество волн и порядок симметрии по мере расслоения увеличиваются по закону ряда Фибоначчи. Сценарий характеризует

**Утверждение 3.6.** Пусть на  $\square^+_{-i}$  действует одна и только одна группа симметрии  $S_i$  (не обязательно  $S_i=S_n$  действующей на  $\square^+_{-n}$ ). Тогда при расслоении образуются только параллельные структуры, причем порядок симметрии  $m=i$ .

**Образование только перпендикулярных структур** (рис. 3.8). В этом случае образуются многокомпонентные волны и солитоны. Сценарий таких расслоений описывает

**Утверждение 3.7.** Пусть на  $\square^+_{-i}$  при образовании  $\cup_k \in \square_i$ ,  $k=1, \dots, i$ , действует своя группа симметрии  $S_{ik}$  (не обязательно  $S_{ik}=S_{jl}$ , что действует на  $\square^+_{-j}$  для  $\cup_{jl}$ ). Тогда при расслоении образуются только перпендикулярные структуры, причем количество групп симметрии  $n$  для слоя с индексом  $i$ :  $n=i$ .

**Образование и параллельных, и перпендикулярных структур.** Выполняются утверждения 3.6. и 3.7. Взаимосвязь между ними устанавливает

**Утверждение 3.8.** Пусть для  $P_i$  существует  $M$  групп симметрии и для  $S_{ik}$  выполняется  $S_{ik}=S_{jl}$ . Тогда образование перпендикулярных структур прекра-

тится, когда количество реализованных групп симметрий для каждого слоя  $L=M$ , и в дальнейшем возможное образование только параллельных структур.

Поскольку размерность  $S$ - множеств равна количеству перпендикулярных компонентов структур, то имеет место

**Следствие 1.** При расслоении, проходящем по сценарию, описанному утверждением 3.8., размерность  $r$   $S$ - множеств уменьшается от  $M$  до  $1$ :  $r_k=r_{k-1}-i$ , и, достигнув  $1$ , остается постоянной.

Наличие разнообразных симметрий для  $S$ - множеств и  $S$ - элементов позволяет высказать такие положения.

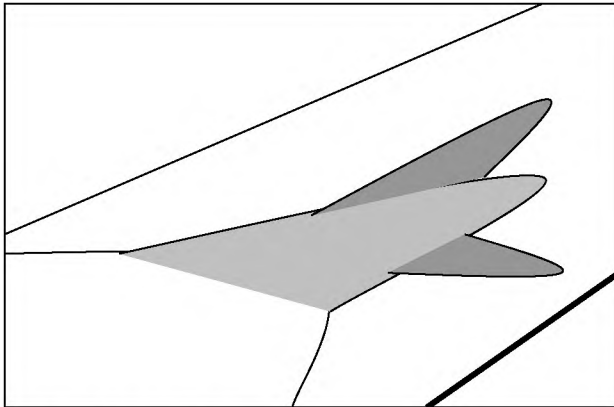


Рис. 3.7. Образование параллельных структур

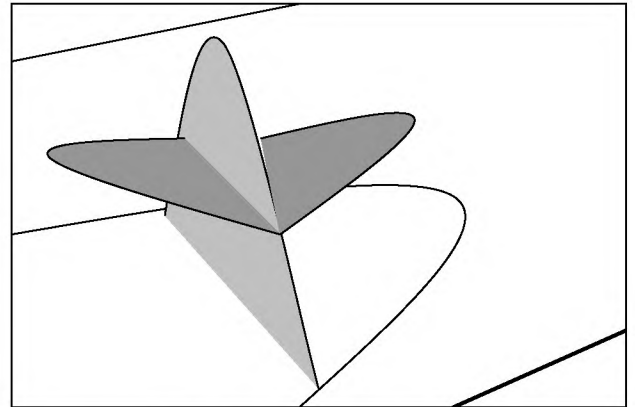


Рис. 3.8. Образование перпендикулярных структур

1. По аналогии с теоремой Нетер, можно предположить, что наличие тех или иных групп симметрий предопределяет соответствующие законы сохранения, например, группе параллельного переноса для времени отвечает сохранение энергии, сдвигу и обращению пространству – сохранение импульса и т.д. В этом случае наименования характеристики слоя и группа симметрии могут быть определенные исходя из наблюдения за сохранением инвариантов организации системы.
2. Вследствие расслоения пространства и времени (свойства 3.6.-3. 9), действие этих законов ограничивает

**Утверждение 3.9.** Для  $\square^+$  любого слоя, что характеризуется наличием  $M$  групп симметрии, действуют  $M^*$  законов сохранения; при переходе к предыдущему или следующему слою их действие прекращается.

3. Свойство 3.10. и утверждение 3.6.-3. 9. для организации  $S$ п аналогичны принципу Паули для квантовых систем: допустимость взаимодействия и ее результат определяются не только характеристиками элементов, но и необходимостью или отсутствием необходимости реализации группы симметрии и изменения порядка, обусловленного ходом расслоение  $S$ п в целая (аксиома 2.1).

Таким образом, роль симметрии в организации и эволюции  $S$ п адекватна ее роли в организации и эволюции природных систем [214,261], например:

**Образование только параллельных структур** сравнительно с идиоадаптационной эволюцией (накопление признаков, которые не изменяют видовой принадлежности - изменение длины конечностей, и т.п.).

**Образование только перпендикулярных структур** сравнительно с качественным эволюционным изменением - ароморфозом, выходящем за границы признаков вида, - изменение строения или числа органов.

**Реализации общего случая** соответствует эволюция «в целом», включающая образование классов, родов и видов и постепенное накопление изменений внутри последних.

Высказанные положения могут быть использованы для понимания процессов, происходящих в реальных эргатических и технологических системах, а также для правильного управления такими процессами.

**Характеристики операций.** 4 операции арифметики сводятся к аддитивного бинарному добавлению; теоретико-множественные – к объединению и пересечению. В противоположность этому, 4 операции Вм Сп являются частными случаями неаддитивной и небинарной дифракции. Будем помечать их совокупность {ДИКС}. Каждую операцию опишем по такому плану:

1. Область применения.
2. Особые случаи (сводятся в таблицы).
3. Роль в образовании структур, расслоении и свертке.
4. Дополнительные замечания.

Отметим, что особые случаи отдельных операций до некоторой степени аналогичны взаимодействиям своих физических прообразов. Аналогия эта, тем не менее, не распространяется на формулы определения количественных характеристик, поскольку:

- количество и распределение волн и солитонов Сп по сложности превосходит описанные в источниках случаи взаимодействия;
- не определенные экспериментально некоторые коэффициенты;
- взаимодействия нелинейны.

В набор  $\{x(p_{i,j})\}$  будем включать:

- потенциал  $\pi$ ,
- длину  $l$ ; амплитуду  $A$ ;
- частоту  $\omega$ ;
- фазу  $F$ ;
- период  $T$ ;
- коэффициенты:

– меры нелинейности:

$$e = \frac{A}{M} \leq e^*, \quad d \leq d^* \quad (3.18)$$

где  $e$  и  $d$  характеризуют нелинейность по амплитуде и движению соответственно;

$e^*$  и  $d^*$  – граничные значения  $e$  и  $d$ , начиная с которых нельзя пренебрегать нелинейностью;



$M$  – характеристика невозбужденного состояния  $S$ - множества;  
 – отношение длин:

$$s = l_k / l_m; \quad (3.19)$$

– отношение потенциалов:

$$p = \pi_k / \pi_m; \quad (3.20)$$

– модальности  $J, \downarrow$  и признака  $\parallel$  и  $\perp$ .

Некоторые из этих характеристик связаны между собою согласно (3.9–3.12); напомним, что не все они могут быть определены для всех слоев.

**Суперпозиция** (аксиомы 3.1., 3.5.) [42].

**Условие 3.1.** Суперпозиция определена для однокомпонентных волн в том и только в том случае, если выполняются

$$\begin{aligned} & \cup_{ik}, \cup_{lm} \parallel, \cup \rightarrow P_i, P_j \\ & l_k < l_m, s \in \{\sim 0.2 \div \sim 1'\} \\ & \pi_k < \pi_m, p \in \{\sim 0.2 \div \sim 1'\} \\ & d < d^* \\ & e < e^*, \end{aligned} \quad (3.21)$$

где символ «'» означает исключение.

2. Суперпозиция нарушает симметрию слоя. Имеет место

**Свойство 3.11.** При нарушении симметрии слоя происходит:

- перемещение волн по поверхности своих солитонов;
- взаимодействие волн одного слоя и перераспределение потенциалов вплоть до восстановления симметрии с меньшим порядком.

**Таблица 3.1.** Особые случаи суперпозиции.

$\{x(p_i)\}, \{x(p_j)\}$	Описание	Рис. 3.9.
$\cup_k \downarrow$ и $\cup_m \downarrow$	сохраняются $F_k, o_k$ ; не сохраняются $F_m, o_m$ ; изменяются $\pi_m, A_m$	а.
$\cup_k \downarrow$ и $\cup_m \downarrow$	сохраняются $F_k, F_m, o_k, o_m$ ; перераспределяются $\pi_k, \pi_m, A_k, A_m$	б.
$\cup_k \downarrow$ и $\cup_m \downarrow$	не сохраняются $F_k, F_m, o_k, o_m$ ; уменьшаются $\pi_k, \pi_m, A_k, A_m$	в.
$\cup_k \downarrow$ и $\cup_m \downarrow$ и $\cup_k \downarrow$ и $\cup_m \downarrow$	стоячие волны: $F_k - F_m = T/2, A_k + A_m = 2A$	г.
$A_k = A_m, l_k = l_m, o_k = o_m$	погашение волн: $F_k - F_m = T/4, A_k + A_m = 0$	д.
$\cup_k \downarrow$ и $\cup_m \downarrow$	биение: для $A_k = A_m$ из частотой $o_{k+m} = (o_k + o_m)/2$ ;	е.
$\cup_k \downarrow$ и $\cup_m \downarrow, o_k \approx o_m$	частота биения $O = o_k - o_m$	

3. Видоизмененные с помощью  $S$  волны, подвергаясь  $H$ , превращаются в солитоны и расслаиваются на следующей стадии – влияние  $S$  на  $P$  состоит в изменении переданного  $\pi$ , или, при взаимопогашении волн, в ликвидации сценариев, по которым могло бы идти расслоение. Аналогичным является влияние  $S$  на  $S_v$ .

4. Следует помнить, что фактически взаимодействия волн всегда нелинейные; (3.21) упрощает картину взаимодействия.

Небинарность обеспечивается учетом состояния, обусловленного  $H$  и ходом данного расслоения, а также возможностью участия во взаимодействии более, чем двух волн. Необратимость обусловлена изменением состояния волн под влиянием  $H$ . Таким образом, условия дополнительности для суперпозиции выполняются.

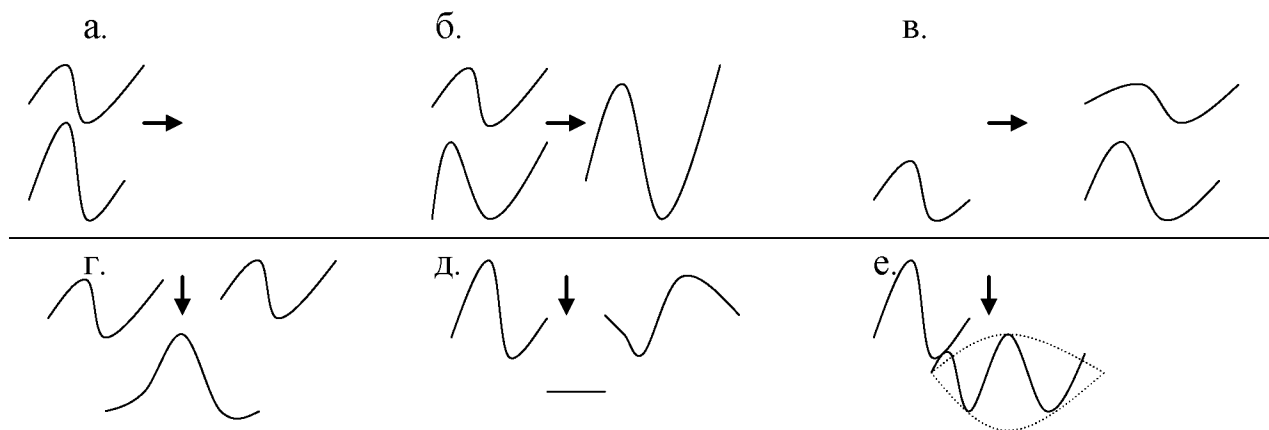


Рис. 3.9. Частные случаи суперпозиции

**Коинциденция** (аксиомы 3.2.,3.6.) [42]. Отличием  $K$  от случайной совокупности перпендикулярных волн и солитонов является ее целостность, которая проявляется как определенная согласованность перпендикулярных компонент по длине. Их координация достигается за счет перераспределения потенциалов исходных волн.

1. Пусть один  $C$  взаимодействует с  $\{O^*\}$ , являющихся множеством объектов из  $\{O\}$ . Тогда условия коинциденции такие.

**Условие 3.2.** Пусть для расслоений  $\{P\}$ , соответствующих  $\{O^*\}$ , существует упорядоченный набор волн и солитонов:

$$l_1 \perp l_2 \perp l_3 \dots \perp l_n,$$

$$l_1 > l_2 > l_3 \dots > l_n,$$

где  $n$  – количество расслоений в  $\{P\}$ ;

$l$  – длины  $\cup \bullet$ .

Тогда необходимыми и достаточными условиями коинциденции для однокомпонентных  $\cup \bullet$  будет выполнение:

$$l_n/l_1 = m_{11}, l_n/l_2 = m_{12}, \dots, l_n/l_{n-1} = m_{1n-1}$$

$$l_{n-1}/l_1 = m_{21}, \dots, l_{n-1}/l_{n-2} = m_{2n-2}$$

...

$$l_2/l_1 = m_{n-11}$$

$$(3.22)$$

$$\forall \Delta \pi_i = \sum_{j=1}^n \Delta \pi_j \quad j \neq i$$

$$\{\cup\} \vee \{\cup\}$$

$$d < d^*,$$

где  $m, k, l$  – целые количества,

$\Delta \pi_i, \Delta \pi_j$  – изменения потенциалов.

Поскольку  $\pi$  солитонов не изменяется, они не учитываются в (3.22).

2. Особые случаи коинцидентии представлены в таблице 3.4.

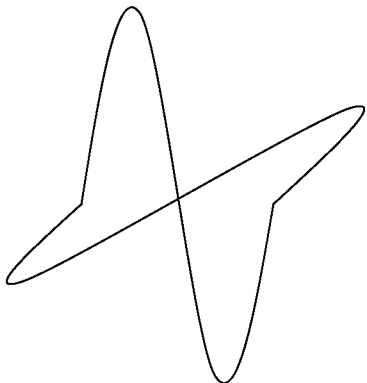
3. Многокомпонентная волна в целом не образует  $C$ - множеств; ее отдельные компоненты –  $\cup$  и  $\bullet$  – могут, в составе своих слоев, образовывать такие множества. При этом коинцидентия разрушается, так как нарушается согласованность.

4. Небинарность  $K$  обеспечивается участием нескольких волн и учетом их состояний; неаддитивность – невозможностью добавления новых компонентов, которое привело бы к нарушению согласованности.

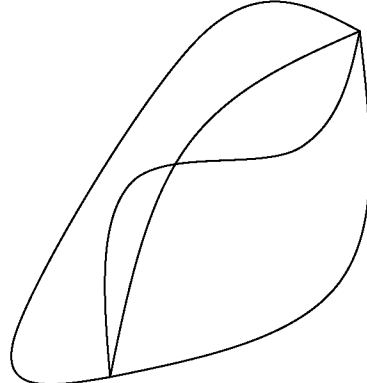
**Таблица 3.4.** Особые случаи коинцидентии.

$\{x(p_i)\}, \{x(p_j)\}$	Описание	Рис. 3.10
$\pi_1=\pi_2, l_1=l_2, F_1-F_2=T/2$	Коинцидентия 2 волн (прообраз – электромагнитная волна)	а.
$\pi_1=\pi_2=\pi_3, l_1=l_2=l_3, F_1=F_2, F_1-F_3=T/8$	Коинцидентия трех волн	б.
$\pi_1=\pi_2, l_1=l_2=l_\bullet, F_1=F_\bullet, F_1-F_2=T/4$	Коинцидентия двух волн и солитона	в.

а.



б.



в.

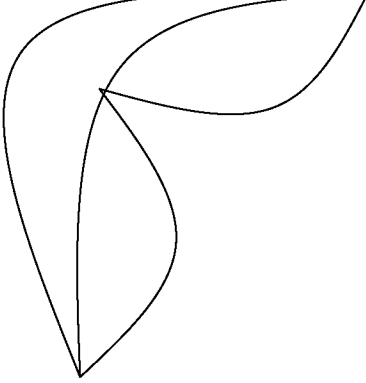


Рис. 3.10. Частные случаи коинцидентии

**Интерференция** (аксиомы 3.3.,3.7.) [42].

1. При интерференции взаимодействуют только одно- или многокомпонентные волны, которые имеют характеристики, исключающие суперпозицию и коинцидентию. Условия интерференции описываются так:

**Условие 3.3.** Пусть  $\cup_k \rightarrow P_i, \cup_m \rightarrow P_j, P_i, P_j \in \{P\}, l_k < l_m, \pi_k < \pi_m$ . Тогда необходимыми и достаточными условиями интерференции являются:

$$\cup_k, \cup_m /: (e > e^*) \vee (d > d^*) \vee ((s >> 1, \sim 1) \vee (p >> 1, \sim 1)) \quad \forall i, j \quad (3.23)$$

$$\cup_k, \cup_m \perp: (s = M) \vee (\Delta \pi_k \neq \Delta \pi_m) \vee (\cup_k \wedge \cup_m), \quad i = j \quad (3.24)$$

$$\cup_k \text{ и } \cup_m: p = 1, \quad (3.25)$$

для всех попарно параллельных компонентов выполняется (3.21) или (3.23),

где  $M$  – целое число;

$n_k, n_m$  – количества компонентов  $\cup_k$  и  $\cup_m$  соответственно.

2. Особые случаи интерференции сведены в таблицу 3.5.

3. Интерференция влияет на ход расслоения или свертки по-разному для разных вариантов, представленных в таблице 3.5;

- для а.- аналогично суперпозиции;
- для б.- не влияет;
- для в.- аналогично коинциденции.

4. Неаддитивность и небинарность интерференции, а также отсутствие обернутой операции обеспечивается нелинейностью взаимодействия многокомпонентных элементов, учетом состояний и  $H$ .

2. **Таблица 3.5.** Особые случаи интерференции.

$\{x(p_i)\}, \{x(p_j)\}$	Описание	Рис. 3.11
$\cup_k$ и $\cup_m \parallel$ : $o_k = o_m$ , $s=1$	нелинейный резонанс, при $\cup_k$ и $\cup_m$ $\cup_k$ и $\cup_m$ $\cup_k$ и $\cup_m$	а. б. в.
$s \approx 1$ , $p \approx 1, F = \text{const}$	стационарная интерференционная картина, изменяются $A_{i,j}, \pi_{i,j}$	г.
$s \gg 1, \cup_m$	поглощение $\cup_m$ ; $A_k, \pi_k$ изменяются и распределяются нелинейно	д.
$s \gg 1, \cup_k$ и $\cup_m$	отражение $\cup_m$ ; $A_{i,j}, \pi_{i,j}$ нелинейно изменяются и распределяются	е.
$\cup_k$ и $\cup_m \perp$	характеристики не изменяются	ж.
$\cup_k$ и $\cup_m$ : $k=m$ , $\pi=1$ , $s=1$ , $e < e^*$ , $d < d^*$	сохранение коинцидентности результирующей волны; суммарный $\pi$ и $A_{i,j}$ распределяются нелинейно	з.

**Дифракция** (аксиомы 3.4.,3.8.,3.9.) [42].

1. Условия осуществления дифракции – операции для одно- и многокомпонентных волн и солитонов – такие:

**Условие 3.4.** Пусть  $\cup_{\bullet k} \rightarrow P_i, \cup_{\bullet m} \rightarrow P_j, P_i, P_j \in \{P\}, l_k < l_m, \pi_k < \pi_m$ . Тогда дифракция  $\cup_{\bullet k}$  и  $\cup_{\bullet m}$  имеет место в тех и только в тех случаях, когда выполняются:

$$\cup_{\bullet k}, \cup_{\bullet m} // : i \neq j$$

$$\cup_{\bullet k}, \cup_{\bullet m} \perp : (s \neq M) \vee (\Delta \pi_k \neq \Delta \pi_m) \vee (\cup_{\bullet k} \wedge \cup_{\bullet m}) \quad \forall i=j \quad (3.26)$$

$\cup_{\bullet k}, \cup_{\bullet m}$ : для всех попарно параллельных компонентов  $\cup_{\bullet k}, \cup_{\bullet m}$  выполняется (3.21).

2. Справедливо

**Свойство 3.12.** Пусть дифракция имеет место только для  $\bullet_j$ , параллельных или коинцидентных по всем компонентам, и каждый с них характеризуется потенциалом  $\pi_i$  и скоростью перемещений  $v_i$ . Тогда выполняется

$$\sum_{i=1}^n \pi_i v_i = \sum_{i=1}^n \pi_i v_i^* \quad (3.27)$$

где  $v_i^*$  – скорость перемещения солитона после дифракции (рис. 2. 16б).

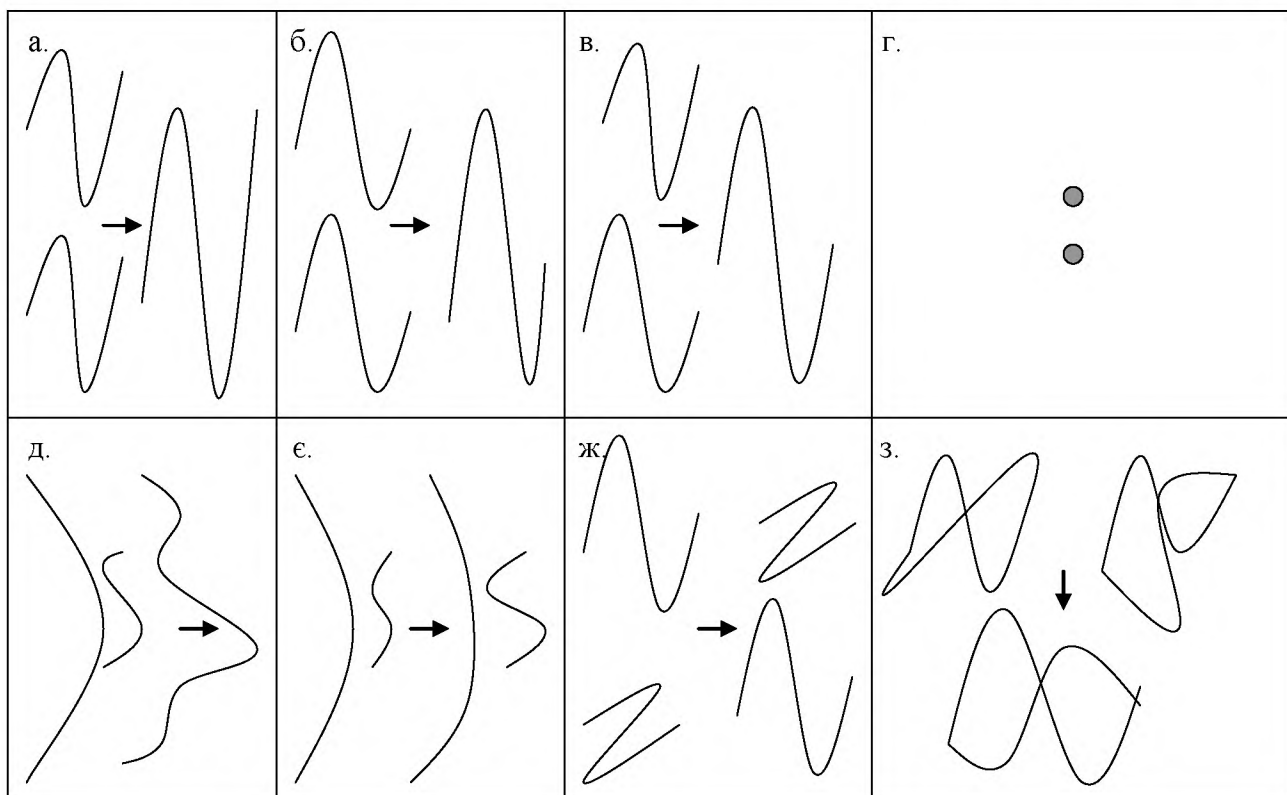


Рис. 3.11. Особые случаи интерференции

Это свойство, аналогичное закону сохранения импульса для упругих частиц в физике, следует из неизменности других характеристик солитона и отражает аналогию солитон – частица.

**Следствие 1.** Для слоя, состоящего из солитонов, действуют две группы симметрии: сдвиг и вращение.

**Следствие 2.** При этих же условиях и если  $\pi_i \gg \pi_j$ , может происходить отрыв  $\bullet_j$  от своих  $S$ -множеств.

3. Влияние дифракции на ход расслоений и сверток меняется в зависимости от особенностей, представленных в таблице 3.4, а именно:

- для а. - аналогично интерференции;
- для б. и г. - не влияет;
- для в. - аналогично коинциденции.

4. Небинарность и неаддитивность  $D$  и отсутствие обратных операций определяется участием нескольких элементов различных типов, учетом состояния и  $H$ .

Таблица 3.6. Особые случаи дифракции

$\{x(p_i)\}, \{x(p_j)\}$	Описание	Рис. 3.12
$\bullet_k, \cup_m    : s \sim 1$ $s \ll 1$ $s \gg 1: \cup \setminus$ $\cup \setminus$	огибание волнами солитона с образованием дифракционной картины и изменением $\pi, A$ прохождение солитона сквозь волны, $\pi_k = \text{const}$ отражение волн; $\pi_m, A_m$ исчезновение волн	а. б. в. г.
$\bullet_k, \bullet_m   $	исчезновение $\bullet_m$	д.
$\cup \bullet_k, \cup \bullet_m \perp$	характеристики не изменяются	е.
$\cup \bullet_k, \cup \bullet_m, s=1, e < e^*, d < d^*, p=1$	сохраняется коинцидентность волн и солитонов; перераспределяются нелинейно $\pi_i, \pi_j, A_i, A_j$	ж.

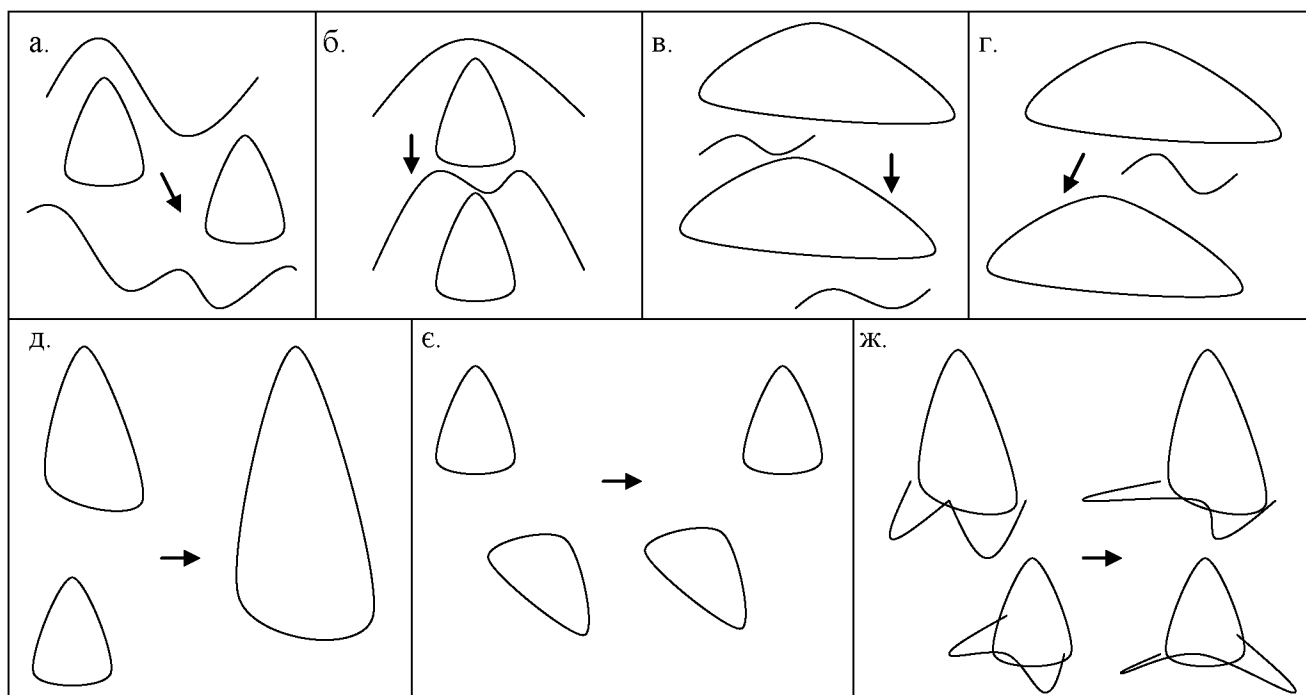


Рис. 3.12. Особые случаи дифракции

**Классификация сценариев самоорганизации С- пространства.** В проведенном выше исследовании использовался основной сценарий самоорганизации  $S_p$ , когда пространство образовывается вследствие взаимодействия одного  $S$  с одним  $O$ . Для реальных систем имеют место взаимодействия одного или нескольких  $S$  с одним или несколькими  $O$ . Следовательно, имеется необходимость рассмотреть другие варианты самоорганизации. В предыдущих разделах упоминались признаки, которые могут быть классификационными. Используем их для группирования возможных сценариев. При этом будем опираться на материалы [42, 43].

Для удобства обзора, сведем практически значимые случаи в отдельную таблицу 3.7; те из них, которые выделены шрифтом, были рассмотрены выше.

Из таблицы видно, что возможной является любая комбинация признаков.

Кратко охарактеризуем некоторые из тех сценариев, которые еще не рассматривались.

**Таблица 3.7.** Классификация сценариев расслоения–свертки

Классификационный признак	Сценарии			
количество {С} и {О}	1С, 1О	1С, {О}	{С}, 1О	{С}, {О}
компенсация потерь π	отсутствующая	неполная	полная	избыточная
или ⊥ элементов	только ⊥	только //	и //, и ⊥	

**Один С взаимодействует с множеством {О}.** В этом случае С-пространство развивается от одного центра в нескольких направлениях, количество которых равно количеству объектов. Если последние имеют общие отличия от С, возникают элементы с одинаковыми характеристиками, в результате чего становятся возможными взаимодействия, рассмотренные выше. Как следствие, изменяются количества структур слоев, их взаимопринадлежность, распределение потенциала и связанных с ним характеристик. «Топология» С-пространства может быть охарактеризована как древовидная с отдельными замкнутыми контурами. Такой сценарий соответствует процессам взаимодействия одного оператора с несколькими подсистемами устройств (главы 5-6).

**Взаимодействие множества {С} с одним О.** Поскольку С и О вносят равный вклад в расслоение Сп, этот случай имеет такие же черты, как и предыдущий. Он соответствует взаимодействию коллектива операторов с одной системой (главы 5-6).

**Взаимодействие множества {С} с множеством {О}.** Здесь С-пространство имеет несколько центров развития (в соответствии с количеством С), для каждого с которых различаются несколько направлений развития (соответственно количеству О). Так же, как и в предыдущих случаях, возникают взаимодействия и изменяются топологические и метрические характеристики. В общих чертах «топология» С-пространства является сетевидной, с отдельными древовидными структурами. Этот случай соответствует взаимодействию коллектива операторов из несколькими системами управления.

**Частичная компенсация потерь потенциала.** В процессе развития по одному из описанных выше сценариев, количество элементов в слоях увеличивается; количество «избыточных» элементов  $\Delta n_i$  может быть произвольным; оно определяется согласно

$$\Delta n_i = \frac{\Delta \pi}{\pi_{in}}, \quad (3.28)$$

где  $\Delta \pi$  – избыточная часть потенциала;  
 $\pi_{in}$  – потенциал элемента  $i$ -того слоя,  
 и округляется к целому числу.

**Полная компенсация.** В этом случае как количества элементов, так и их потенциалы в следующих слоях в сравнении с текущим слоем не изменяются.

**Избыточная компенсация.** Количество элементов в слоях уменьшается; она может быть произвольной и рассчитывается аналогично (3.28).

Следовательно, компенсация влияет на количество элементов в слоях и направленность эволюции Сп – происходит расслоение, или «свертка наоборот», такая, которая характеризуется увеличением суммарного потенциала Сп.

### 3.4. Измерения в С- пространстве

Рассматриваются следствия аксиом 1– 4 групп [42].

**Процедура измерения. Размерность  $r$ .** Связь  $r$  с количеством перпендикулярных компонент, порядком и количеством групп симметрии для Сп и для С- множеств установленный условиями 3.3.–3.4., свойством 3.12. и его следствием. Сформулируем некоторые особенности такого понимания:

1. Однокомпонентная волна (солитон) считается одномерной; направление измеряется вдоль амплитуды. Отсюда следует

**Свойство 3.13.** С- множества и Сп в целом ограниченные относительно У. Границей является поверхность их структур.

2. Будем различать *актуальную размерность* Сп  $ra$ , равную суммарному количеству отличных перпендикулярных компонент, которые проявились при расслоении, и *потенциальную*  $rn$ , равную количеству отличных перпендикулярных компонент потенциально существующих структур. Имеет место

**Свойство 3.14.**  $ra$  Сп увеличивается при расслоении и уменьшается при свертке;  $rn$  уменьшается при расслоении и увеличивается при свертке, причем для любой стадии расслоения или свертки выполняется

$$ra+rn=const \tag{3.29}$$

3. Закономерным является уменьшение размерности образующихся С- множеств при расслоении Сп (следствие 1 утверждения 3.8.).

4. Из (3.8,3.10), в предположении линейной зависимости  $l$ ,  $A$  и  $\pi$ , следует

$$A_{i+1} = \frac{A_i \Phi}{n}, \tag{3.30}$$

где  $n$  – индекс  $i+1$  слоя.

Тогда, для сценария с образованием только перпендикулярных элементов, целесообразно определять длины координатных отрезков пропорциональными амплитудам. Нормируя их по  $A_1$  и суммируя, получим для первых 10–ти чисел

$$\sum_{i=1}^N A_i \approx 1+0.618+0.382+0.236+0.146+0.09+0.056+0.035+0.021+0.013=2.596$$

Поскольку, согласно с следствию 2 утверждения 3.3., существует связь между отношениями  $\Phi$  и числами Фибоначчи через количество элементов  $n$ , а из (3.5) следует, что сумма двух любых членов ряда больше, чем всех после-



дующих, то верхнюю границу для  $N=\infty$  надлежит оценить как  $2.596+0.034$ , т.е. размерность  $\leq 2.630$ . Как видим, размерность  $S_p$  может рассматриваться как иррациональная (аналогия с фрактальными объектами).

5. Поскольку при расслоении  $S_p$  происходит погашение половинок волн субъектной и объектной частей, возможно трактовать их размерность, как такую, что имеет различные знаки.

**Выбор координатной системы.** Как отмечалось выше, в качестве  $K_c$  может использоваться любая совокупность солитонов, что определяет измеряемое пространство.  $r$  этого пространства меньше размерности  $S_p$  и отлична от размерности измеряемых элементов. Это приводит к нерепрезентативности измерений. Во избежание этого предъявим к  $K_c$  такие требования:

- пусть измерения проводятся для элементов  $k$ -го слоя. Тогда  $K_c = \{\bullet_k\}$ , где  $\bullet$  – солитон данного слоя (рис. 3.13а);
- пусть измерения проводятся для элементов  $S$ - множеств одного  $P$ . Тогда  $K_c = \{\bullet_n\}$ , где  $n$  – количество стадий, которое существуют, данного  $P$  (рис. 3.13б);
- пусть измерения проводятся для элементов всех или части  $S$ - множеств  $\{P\}$ . Тогда  $K_c = \{\bullet_{in}\}$ , где  $i$  – номера всех  $P_i \in \{P\}$  (рис. 3.13в).

Такие  $K_c$  будут *полными*, поскольку содержат солитоны всех слоев (следствие 1 свойства 3.1); по мере расслоения они пополняются новыми солитонами, следовательно, количество их элементов и размерность будет возрастать. Другие  $K_c$  будем называть *неполными*.

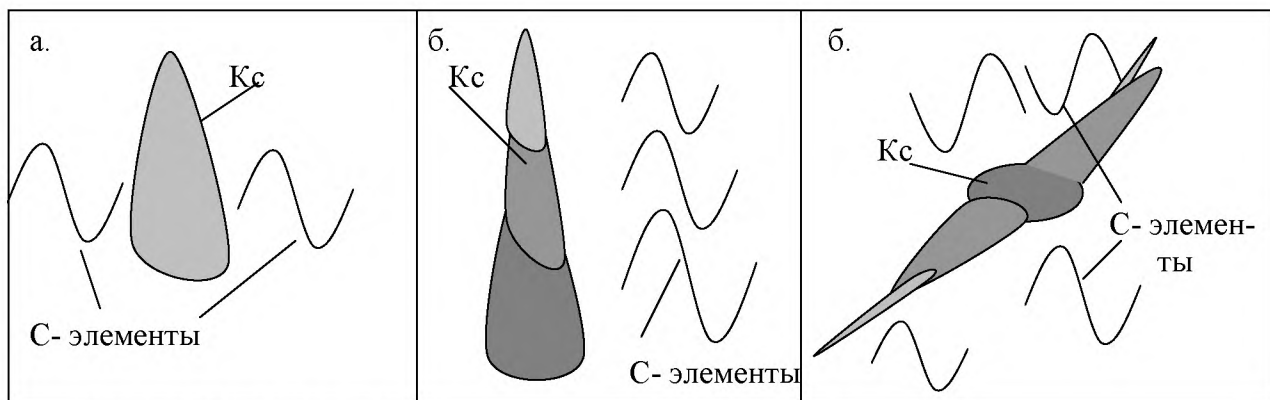


Рис. 3.13. Выбор  $K_c$

**Реализация измерения.** Согласно аксиомам 4.1, 4.2, процедура измерения представляет собой дифракцию. При этом реализуются все частные случаи, перечисленные в таблице 3.4. Возможность наблюдения означает, что и солитоны, и волны, которые образовались в результате, могут выступать в качестве  $S$ - множеств при дальнейших расслоениях

**Результат.** Выясним, как определяются  $\{x(p_i)\}$  в зависимости от  $P_c$ . Могут быть определенные такие характеристики  $S$ - элементов: состояние,  $l$ ,  $\pi$ ;  $A$ ,  $F$  и  $o$  волн, как таком, что проявляются при взаимодействии только волн, здесь не определяются.

1. Перпендикулярность измеряемых элементов и солитонов  $K_c$  устанавливается по отсутствию  $P_c$ , что является следствием неизменности  $K_c$  и элементов после измерения.

2. Параллельность измеряемого солитона  $J$  и солитона  $K_c$  устанавливается по  $P_c$  и проявляется как изменение скоростей измеряемого элемента и солитона  $K_c$ . Потенциал солитона определяется по формулой, следующей из (3.27):

$$\pi_j = \pi_i \frac{v_i - v_{i^*}}{v_{j^*} - v_j}, \quad (3.31)$$

где \* означает измененные скорости  $i$ -го солитона  $K_c$  и  $j$ -го измеряемого солитона.

3. Параллельность волны и солитона  $K_c$  устанавливается по  $P_c$  и состоит в изменении состояния или иных характеристик волны. Частные случаи сведены в табл. 3.6.

**Таблица 3.6.** Измерения характеристик волн, параллельных солитонам  $K_c$

Характеристика	Результат	Оценки
модальность состояния	сохранение волны исчезновение волны	) )
длина волны	отражение от солитона $K_c$ оббегание волной солитона с образованием дифракционной картины прохождение солитона сквозь волну	$l \ll l \bullet$ $l \approx l \bullet$ $l \gg l \bullet$
потенциал волны	отражение от солитона $K_c$ оббегание волной солитона с образованием дифракционной картины прохождения солитона сквозь волну	$\pi \ll \pi \bullet$ $\pi \approx \pi \bullet$ $\pi \gg \pi \bullet$

4. Коинцидентность измеряемых солитонов и солитонов  $K_c$ . В этом случае  $P_c$  характеризуется изменением  $v_i$  для всех компонентов измеряемого солитона. Соотношение потенциалов, состояний и длин компонентов измеряемого солитона и солитонов  $K_c$  определяется из (3.22). Коинцидентность имеет место при неполной  $K_c$ .

5. Коинцидентность измеряемых волн измеряются, и солитонов  $K_c$ .  $P_c$  характеризуется отсутствием изменений  $\{x(p_i)\}$  волн, которые измеряются. Соотношение потенциалов, состояний и длин компонентов определяется с (3.22). Здесь коинцидентность имеет место как для полной, так и для неполной  $K_c$ .

**Сравнения.** Определим аналогии и расхождения между измерениями в евклидовом и  $S$ -пространствах. Поскольку измерения сводятся к реализации тех или иных групп операций, сравним совокупность  $\{\text{ДИКС}\}$  с группой. В целом,  $\{\text{ДИКС}\}$  не образует группы, поскольку состоит из небинарных операций, на результат которых, посредством изменения модальности состояния элементов, влияют внешние факторы. Установим черты сходства и различия по ассоциативности, существованию единичной и обратной операций.

**Ассоциативность.** Совокупность операций {ДИКС} не является ассоциативной. Например, вследствие изменения состояний, суперпозиции волн будут давать различные результаты, в зависимости от их последовательности. Ассоциативной во всех случаях будет только дифракция пар солитонов.

**Единичная операция.** В качества единичной операции можно рассматривать такую операцию, которая не изменяет состояния элементов. При таком понимании, согласно условию 3.4. и свойству 3.12., единичная операция имеет место для дифракции пар солитонов.

**Обратная операция,** которая не существует для {ДИКС} в целыми (согласно с аксиомами 3.5.- 3.8.), имеет место для дифракции пар солитонов (аксиома 3.9.). Следовательно, имеем

**Свойство 3.15.** Для {ДИКС} существует совокупность операций, которые образуют группу - совокупность бинарных дифракций солитонов.

Не образуя группы, {ДИКС} имеет определенную замкнутость:

- операции  $O_i \in \{\text{ДИКС}\}$  над  $\cup \bullet$  дают в результате только  $\cup \bullet$ ;
- операции  $O_i \in \{\text{ДИКС}\}$  являются коммутативными.

Обозначив «+» наличие, а через «-» отсутствие признака, сводим результаты сопоставления характеристик операций и измерений в табл. 3.9.

**Таблица 3.9.** Сопоставление группы операций и {ДИКС}

Признак	Операции	{ДИКС}	Дифракция солитонов
бинарность	+	-	+
замкнутость	+	+	+
коммутативность	+	+	+
ассоциативность	+	-	+
существование: единичной операции	+	-	+
обратной операции	+	-	+

Теперь сравним характеристики координатных систем и измерений. Результаты также представим в виде табл. 3.10.

**Таблица 3.10.** Сравнение координатных систем и измерений

Пункт сравнения	Евклидово пространство	С- пространство
координатная система	фиксированная совокупность элементов определенного вида; $r =$ размерности пространства; неизменность при измерениях; равный вес осей координат	Эволюционирующая совокупность солитонов; $r \leq$ размерности пространства; изменяемость при измерениях; неравный вес осей координат
измерение	одинаковость процедуры; одинаковость повторных результатов	два типа процедуры; неоднаковость результатов повторных измерений
выполнение метрических аксиом симметрии, треугольника, тождества	выполняются	выполняются только в отдельных случаях

Результаты этих сопоставлений будут использованные при моделировании субъективного пространства операторов (глава 8).

Операции Сп, также как и описанная выше процедура измерения, могут точнее, чем классические операции и измерения, характеризовать процессы, происходящие внутри систем. Однако целесообразность применения такого аппарата следует оценивать для каждого конкретного случая. Так, если для сложных эргатических и организационных систем, деятельность которых в значительной степени определяется человеческим фактором, можно указать много задач, где применение аппарата дает положительный эффект [43], то для технических и автоматических систем такие примеры неизвестны. По всей видимости, эффективность применения аппарата определяется мерой проявления специфических «системных» свойств, рассмотренных в первой главе. В связи с этим, целесообразно завершить раздел выяснением, насколько удалось воплотить перечисленные в 1-ой главе качества систем в свойствах Вм.

1. Согласно аксиомам 1–ой группы, Сп является пространством, которое:

- образуется в результате взаимодействия С и О в У (*открытость*);
- наделено структурой, формируемой постепенно в результате влияний С и О (*самоорганизация*).

Согласно аксиом 2–ой и 3–ей групп, С- множества и С- элементы характеризуются:

- состояниями возбуждения, угасания, исчезновения, которые изменяются в ходе взаимодействий; в свою очередь, результат взаимодействий зависит от состояния элементов или множеств (*изменяемость элементов и процессов*);
- координацией состояний и взаимодействий для С- пространству в целом (*целостность, самоорганизация*).

Утверждение 3.1–3.3 устанавливают, что допустимыми являются только те расслоения и свертки, которые сохраняют гармонические соотношения потенциалов слоев и определенные группы симметрии (*целостность*); выше показано, что сценарии расслоения–свертки обусловлены только внешними факторами и инвариантны относительно конкретных реализаций (*изоморфизм*).

Свойство 3.4 и утверждение 3.5 обосновывают разнообразность связанных с потенциалом характеристик для различных слоев Сп (*неаддитивность*), а утверждение 3.6–3.9 – существование сценариев расслоения–свертки, которые приводят к появлению перпендикулярных С- элементов (*относительная однородность различных слоев*). Аксиома 1.2 постулирует существование двух типов С- элементов (*разнородность элементов*). Свойства 3.6–3.9 указывают на *расслоение времени* и ограничивают время существования Сп (*эквививальность*).

2. Взаимодействия, которые происходят внутри систем, имеют корпускулярную или волновую природу и характеризуются энергетическими, информационными и иными параметрами. Поскольку:

- элементы представляют собой абстракции корпускул (солитоны) или волн, их амплитудные, частотные, фазовые и иные характеристики по определению соответствуют своим аналогам для реальных волн и частиц;

- изменение потенциалов в ходе расслоения  $S_p$  и операций над  $S$ -множествами и  $S$ -элементами (аксиомы взаимодействия, свойство 3.4) допускают энергетическую, информационную, и тому подобную, интерпретацию;
- частные случаи **C, K, И, Д** соответствуют линейным, нелинейным, бинарным, небинарным, аддитивным и неаддитивным взаимодействиям, то есть *Вм позволяют выразить особенности реальных взаимодействий.*

3. С помощью измерений определяются инвариантные и изменяемые характеристики. Правила, установленные аксиомами 4-ой группы, позволяют делать выбор координатных систем и процедур измерения, а также представлять данные для тех ситуаций, когда не осуществима одна или все метрические аксиомы [43].

Таким образом,  $V_m$   $S$ -пространства обладает всеми свойствами, необходимыми для моделирования сложных систем, в частности, строительных технологических систем.

Будем интерпретировать такие системы как граничные  $S$ -пространства, формируемые под влиянием  $S$  и  $O$ , такие, что  $S$ ,  $S_p$  и  $O$  образуют тернарную связку (ТС), причем  $S_p$  является ее аппаратом:

$$(C, C_n, O) \rightarrow Y, \tag{3.32}$$

где влияния  $S$  и  $O$  интерпретируются как взаимодействия с окружающей средой;

$Y$  – как среда, в которой функционирует система.

Тогда  $V_m$  является моделью энергетической или технологической системы, а множества, элементы, отношение, операции, сценарии самоорганизации являются моделями ее компонентов и процессов.

## Глава 4. С-ОТОБРАЖЕНИЯ И ОБЪЕКТНЫЕ МОДЕЛИ

Для завершения построения аппарата осталось рассмотреть С- отображения, которые решают проблему перехода от Вм к ОМ, связанную с необходимостью формализации формы представления прогнозов теории самоорганизации для практических потребностей моделирования технологических систем. При этом теряются некоторые свойства, т.е. переход возможен лишь с точностью до определенных инвариантов, неодинаковых для различных ОМ.

Следовательно, связь между методами и данными теоретических разделов и их практическим использованием такая, как показано на рис. 4.1.

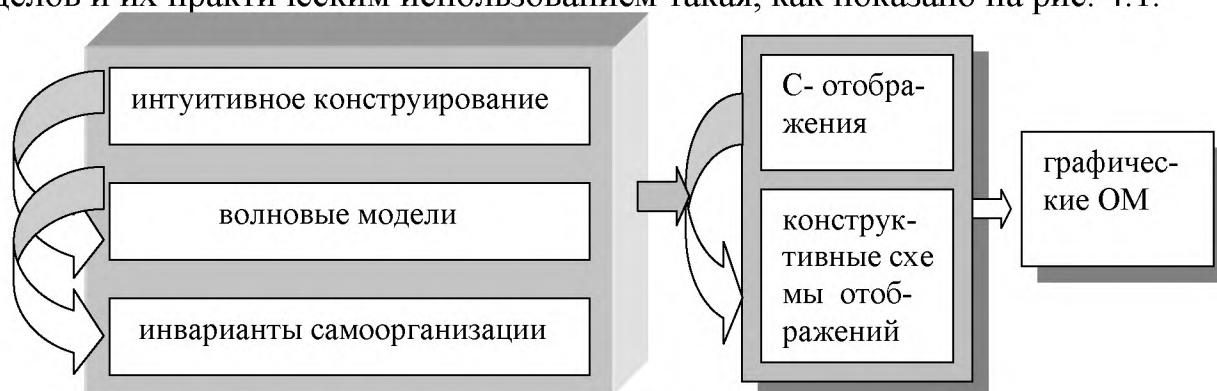


Рис. 4.1. Переход от волновых к объектным моделям

Поскольку схемы С- отображений представляют собой способы построения графических изображений Вм, необходимо:

- определить инварианты и дать классификацию С- отображений и ОМ соответственно инвариантам и иным особенностям;
- выяснить, являются ли все С- отображения группой, или каждый из их видов образует группу или какой-либо иной класс
- предложить конструктивные схемы С- отображений и алгоритмы построения графических ОМ.

### 4.1. Инварианты и классификация объектных моделей

**Калибровочные инварианты и калибровки.** Как показано в главе 3, расслоение-свертка  $Sp$  может происходить по схожим или одинаковым сценариями, что отражаются в сходстве или одинаковости характеристик. Одинаковыми часто являются принадлежность и последовательность образования элементов, распределение  $\pi$  и  $t$ , группы и порядки симметрии и некоторые другие характеристики. Назовем их, по аналогии с соответствующим понятием физики, *калибровочными инвариантами*. Расслоение, наделенные одинаковыми наборами инвариантов, будут отличаться по абсолютным величинам и единицами измерения – *калибровкам*.

Приведем несколько примеров, которые объясняют эти понятия.

Экспериментальные данные указывают, что некоторые формы деятельности оператора, в частности, восприятия и интуитивное распознавание информации, характеризуются калибровочными инвариантами.

Например, независимо от канала восприятия, порогов восприятия, качеств личности, объекты, которые воспринимается, закономерно группируются оператором. Так, хотя глаз различает больше 30000 градаций цветовых оттенков, но классифицируются они как теплые и холодны (2 группы), 3 холодных и 5 теплых тонов, 8 главных цветов (считая наилучшим образом воспринимаемый желто-зеленый цвет [109]) и т.д.; аналогичное группирование происходит и для звуков, и т.п.. Инвариантами здесь являются первые числа Фибоначчи, калибровками - характеристики цветов и звуков (подраздел 6.1).

Согласно данных Фехнера [299,с.87], 34,5% мужчин и 35,83% женщин воспринимают прямоугольник с соотношением сторон, равным 0. 618, как эстетично наилучший, тогда как для соотношения 0,75 этот показатель составляет лишь 1,9% и 3,36% соответственно. Соотношение между частями литературных или музыкальных произведений, архитектурных композиций, которые признаются за шедевры, часто выражаются через 0. 618 или производные от него величины [41, 47,144,249,250,291]. Инвариант - число Ф, калибровка - сила ощущения гармоничности.

Еще одним инвариантом, столь же распространенным, является симметрия [42,214,261].

Эмоциональная оценка также имеет инварианты, связанные с числами Фибоначчи и симметрией, что было подмечено еще в глубокой давности [41,259]. Например, для таких качественно различных вещей, как игра в шахматы, графема тайцзи (инь-ян), закон единства и борьбы противоположностей, инвариантом является число 2 и оценка, которая можно определить как «противостояние», «борьба». Калибровкой является интенсивность переживания, различная для различных людей.

Отсюда следует, что одинаковые фрагменты сценариев расслоений являются калибровочными инвариантами независимо от способа их представления – с помощью текста или ОМ, в форме графа, диаграммы, символического или проекционного изображения, непрерывного или дискретного. Они, таким образом, является наиболее общими геометрическими инвариантами С- пространства.

Их калибровки проводятся специфическим для различных форм выражения образом и обеспечивают настройку уже на конкретный О.

Так, необходимая интенсивность эмоциональной реакции может быть обеспечена, например, за счет правильно выбранного цвета, звука соответствующей тональности, текста фиксированного содержания, и т.п. факторов, которые подбираются экспериментально.

Приводя более общий пример, отметим, что обеспечение комфортных условий функционирования оператора интерпретируется как калибровка эргатической системы по температуре и скорости перемещения воздуха, освещению, антропометрическим данным и т.д. согласно нормативным требованиям и с учетом синергии этих факторов.

**Классификация объектных моделей по инвариантам.** Практика проектирования свидетельствует, что на различных стадиях необходимы модели, которые имеют различные наборы инвариантов. Положим это положение в основу классификации ОМ. Будем различать:

1.  $OM_1$  - статические модели, которые сохраняют [42]:

- принадлежность и последовательность образования элементов, то есть сценарии расслоение-свертки;
- количества элементов и операций;
- размерность;
- группы и порядки симметрии;
- распределение относительных величин  $\pi$ ,  $t_0$ , и т.п.

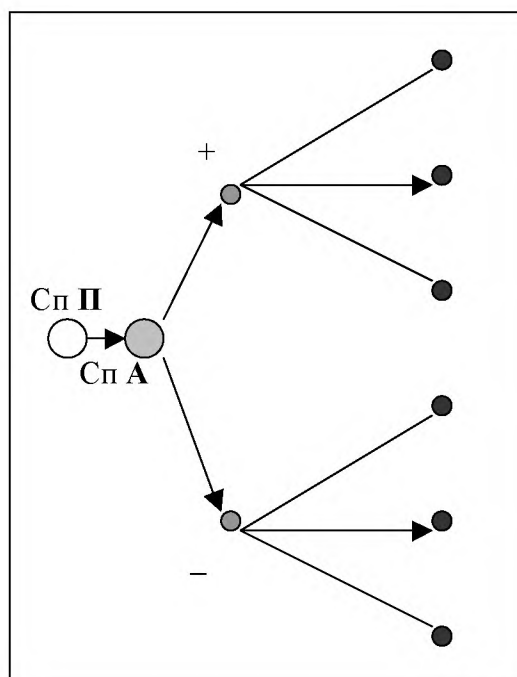


Рис. 4.2. Вид РС- диаграммы

Определим форму таких моделей. *С-графом* будем называть связный неориентированный граф, вершины которого соответствуют потенциальным и актуальным *С*-множествам и *С*-элементам, а ребра выражают отношения их принадлежности; *РС-диаграммой* (рис.4.2) - ориентированную последовательность на *С*-графе, которая соответствует только актуальным *С*-множествам и *С*-элементам, а также отношением их принадлежности. На рис. 4.2. последовательность из трех расслоений  $Сп^{+-}$  (*РС-диаграмма*, выделена  $\rightarrow$ ) привела к актуализации пяти структур, потенциальные возможности (*С*-граф, линии без стрелок) образования еще четырех элементов остались не реализованными. *РС-диаграмма* связана с понятием категории (подраздел 2.5., [29]). Свертке соответствует диаграмма противоположной ориентации.

С помощью условных обозначений они могут быть приспособленные для выражения иных характеристик.

2.  $OM_2$  - динамические модели, которые сохраняют, кроме инвариантов  $OM_1$ :



- однозначность соответствий наборов характеристик;
- динамику изменения структур Сп [42].

К  $OM_2$  относятся разнообразные аналоговые модели, которые позволяют воссоздавать динамику волновых процессов за счет представления их волнами с частотами, амплитудами и т.д., относящимися к исходным в определенных масштабах, например, устройства типа перцептронов [39, с.47-73], солитонные генераторы и т.п.

3.  $OM_3$  - калибровочные модели, которые сохраняют частично или целиком абсолютные значения параметров системы.

К  $OM_3$  относятся макеты, тренажеры, и т.п., которые отображают значения характеристик в присущих им единицах.  $OM_3$ , в отличие от предыдущих, содержат качественно отличные компоненты; они наиболее близки к технологическим системам.

Переход  $OM_1 \rightarrow OM_2 \rightarrow OM_3$  осуществляется в рамках одной парадигмы, удовлетворяя потребности, которые возникают на различных стадиях проектирования: для оптимизации компоновки достаточно использовать  $OM_1$ , для прогноза поведения системы –  $OM_2$ , для натурных измерений необходима  $OM_3$  и т.д. В работе, в основном, будут рассматриваться  $OM$  1-го и 2-го типов.

## 4.2. Тернарные связки

**Классификация.** Будем различать ТС, связанные с настройкой на конкретный  $O$  в процессе расслоения Сп -  $ТС_p$  и ТС, связанные с сверткой Сп -  $ТС_c$ . К последним будем относить *завершенные*  $ТС_z$ , которые приводят к восстановлению целостности  $У$ :

$$(O, TC_z, C) \rightarrow Y, \quad (4.1)$$

и *незавершенные*  $ТС_n$ , которые прерываются, как только возобновляется  $H$ :

$$(O, TC_n, C) \rightarrow \square_j \quad (4.2)$$

Рассмотрим эти группы подробнее. Поскольку ТС лишь частично, согласно схеме (2.6) и утверждению 2.2., ТЗ лишь частично (как проекция, а не аппарат) выражается способами  $M$ , доступной является лишь личностная настройка - 32 - или ее  $OM$ , и только по ним можно судить о ТС. Поэтому выражением ТС служат схемы:

- для  $ТС_z$ :  $Cв: \square_i \rightarrow Cn \downarrow$  (4.3)

- для  $ТС_n$ :  $Cв: \square_i \rightarrow \square_j, i > j$  (4.4)

**Завершенные ТС.** Пусть все  $\{ТС_3\}$  относятся к взаимодействию одного  $C$  с одним  $O$ . Установим критерии, которые позволяют отличать эти  $\{ТС_3\}$  от других, связанных со взаимодействием с иными объектами, а также различать  $ТС_{3i} \in \{ТС_3\}$ :

а. Все  $\{ТС\}$ , соответствующие одной свертке, относятся к одному  $O$ :

$$\forall TC_3 \rightarrow O: TC_3 \rightarrow \{C \rightarrow O\} \quad (4.5)$$

б.  $ТС_3 \in \{ТС_3\}$  различаются по индексам слоев, с которых начинаются свертки.

**Свойство 4.1.** Количество ТС одного объекта ограничено и не превышает

$$n_{TC} \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \square_{ij}, \quad (4.6)$$

где  $n$  - количество состоявшихся расслоений;

$m$  - количество элементов каждого из слоев.

Это же относится и к их последовательностям.

Теперь определим, является ли  $\{ТС_3\}$  группой. ТС устанавливает тождественность  $C$  и  $O$ . Поэтому  $\forall \{ТС_{3i}\} \in \{ТС_3\}$  будут давать одинаковый результат – восстановление целостности  $Y$  (рис. 4. 3а). Это же относится и к их последовательностям (рис. 4. 3б).

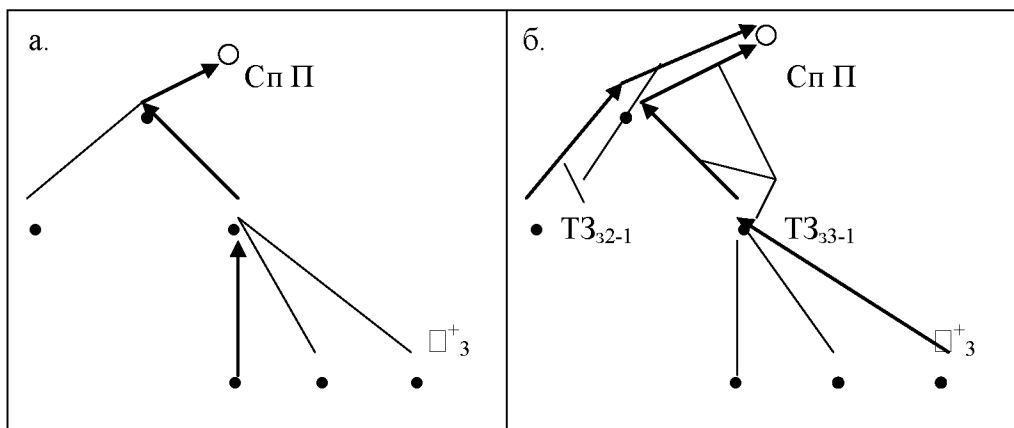


Рис. 4.3.  $ТС_3$  и их последовательности

Также для  $\forall TC_{3i} \in \{ТС_3\}$  выполняется  $(O, TC_3, C) \rightarrow Y$ , что трактуется как своеобразное «умножение на 0» и отсутствие единичного отображения.

Поскольку для какого-либо  $P$  и соединенной с ним по (3.3)  $C \rightarrow O$  справедливо

$$P * C \rightarrow O(\square_{ik}) = \square_{ik}, \quad (4.7)$$

Примем, что обратным относительно ТС является  $H$ . Тогда обоснованным является

**Свойство 4.2.** Для  $\{TC_3\}$ , соответствующим взаимодействию  $C$  с одним  $O$ , имеют место:

- ассоциативность:  $(TC_{3i} * TC_{3j}) * TC_{3k} = TC_{3i} * (TC_{3j} * TC_{3k})$  (4.8)

- существование нуля:  $(O, TC_3, C) = U \forall TC_3$  (4.9)

- существование обратного отображения:  $TC_3 * TC_3^{-1}(\square_{ik}) = \square_{ik}$  (4.10)

**Следствие 1.**  $\{TC_3\}$ , соответствующая взаимодействию  $C$  с одним  $O$ , образуют полугруппу.

Обобщим сделанный вывод на взаимодействие  $C$  и  $\{O\}$  (или  $O$  и  $\{C\}$ ). Для каждого  $O_i \in \{O\}$  имеем  $\{TC_3\}_i$ .

а. Завершение всех  $\{TC_3\}_i$  дает одинаковый результат, так как устанавливает тождественность всех  $\{O\}$  с одним  $C$ :

$$C = O_1, C = O_2, \dots = O_i \dots \quad (4.11)$$

Поскольку завершенность всех  $\{TC_3\}_i$  приводит к прекращению существования  $Sp$ , имеем, в дополнение к следствию 1 свойства 3.9

**Свойство 4.3.** Время  $T$  существования  $Sp$  ограничено осуществлением всех  $\{TC_3\}_i$ :

$$T \leq \sum_{i=1}^n t_i(TC_3)_i, \quad (4.12)$$

где  $t_i(TC_3)_i$  - время существования  $i$ - той  $TC_3$ ;

$n$ - количество  $TC_3$ .

б. Существование отображения, обратного к любой из  $\{TC_3\}_i$ , определяется условием, подобным (4.10). Таким образом, обосновано

**Утверждение 4.1.** Для всех  $\{TC_3\}$ , соответствующих взаимодействию  $C$  и  $\{O\}$ , имеют место:

- ассоциативность (4.8);
- существование нуля (4.9);
- существование обратного отображения (4.10), вследствие чего  $\{TC_3\}$  является полугруппой.

Полугруппу завершенных  $TC_3$  обозначим НТС. Следовательно,  $\forall TC_3 \in \text{НТС}$  (или последовательность таких  $TC_3$ ), независимо от исходных данных приводит к установлению тождественности (4.1). Это позволяет квалифицировать НТС как вырожденную полугруппу тернарных отображений с обратным отображением. Инвариантами таких ТС будут  $Sp$ ,  $Sp$  и  $U$ . Калибровка возможна только для исходных структур. Поэтому в основу классификации целесообразно положить особенности исходных данных, учитывая:

- возможность изменения сценария свертки вследствие интерференции или дифракции структур  $Sp$ ;
- структуру и состав исходных  $C$ - множеств и слоев.

**Таблица 4.1.** Классификация завершенных тернарных связок.

Классификационный признак		Характеристики частных случаев		Рис. 4.4.
принадлежность одному расслоению $Сп$	+	взаимодействие $С$ с одним $О$	++	а.
принадлежность различным расслоениям $Сп$	-	взаимодействие $С$ с различными $О$ без интерференций и дифракций	-+	б.
низменный сценарий $Св$	+	взаимодействие $С$ с различными $О$ с изменением сценария $Св$	--	в.
измененный сценарий $Св$	-			

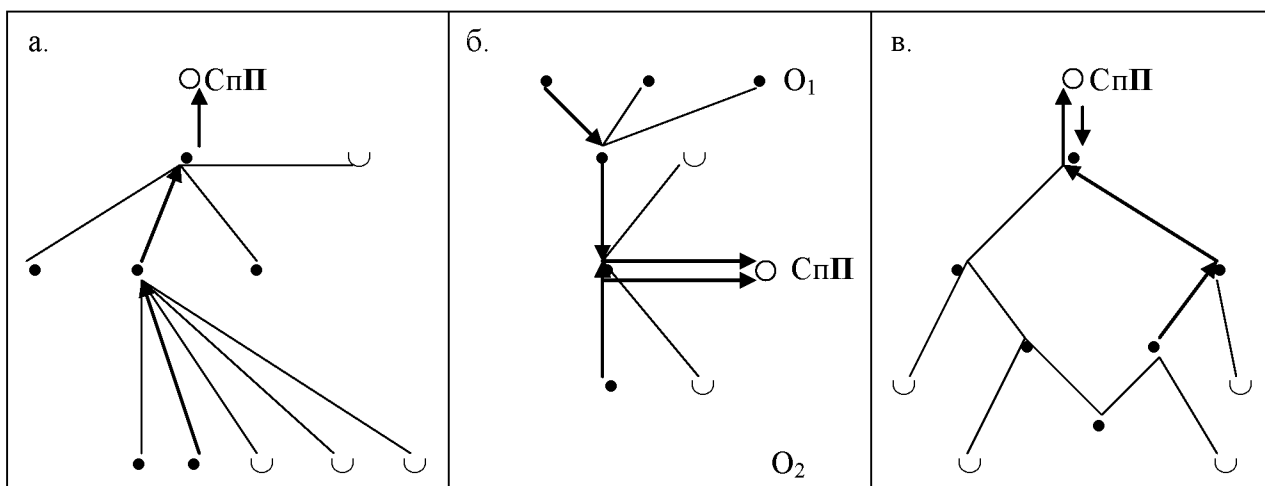


Рис. 4.4. Частные случаи завершенных ТС

Далее, завершенные тернарные связки могут различаться, например, по индексу начального слоя, по времени свертки и т.п. признакам, которые не влияют на конструктивные схемы и не помещены в таблицу 4.1.

**ТС<sub>р</sub>.** Такие связки, при изменении направления от  $Св$  к  $Р$ , сводятся к уже рассмотренным. Соответственно, их классификация совпадает с данной в таблице 3.1.

#### Незавершенные тернарные связки.

а. Для  $ТС_H$  (взаимодействие одного  $С$  с одним  $О$  (рис.4.5а)) имеют место:

- ассоциативность (4.8);
- существование обратного отображения (4.10);
- несуществование единицы (4.9), поскольку выполнение  $ТС_H$ , соответственно (4.4), всегда приводит к уменьшению индекса слоя, а вырожденных случаев здесь не существует. Отсюда следует

**Утверждение 4.2** Семейство  $\{ТС_H\}$  является полугруппой с обратным отображением.

б. Для  $\{ТС_H\}_i$ , соответствующих взаимодействию  $С$  и  $\{О\}$ , существует обратное отображение (3.10), но не существует единицы и не выполняется закон ассоциативности поскольку изменение порядка отображений приводит к изменению результата). Поэтому справедливо

**Утверждение 4.3.** Семейство  $\{TC_n\}_i$  включает обратное отображение, но не имеет ассоциативности и не содержит единичного отображения.

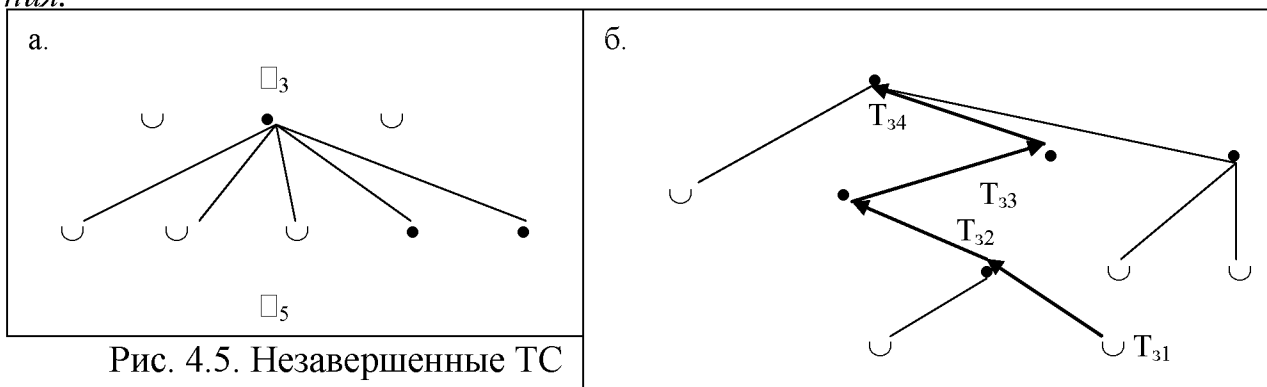


Рис. 4.5. Незавершенные ТС

в. Из (4.4) следует, что для всех  $TC_n$  сохраняются  $C$ - множества, индексы слоев которых меньше  $j$ . Это – инвариант незавершенных ТС. В отличие от заверенных ТС, калибровке здесь поддаются как начальные, так и конечные структуры расслоений.

г. Классификационные принципы для  $TC_n$  аналогичны приведенным выше.

**Таблица 4.2.** Классификация незавершенных тернарных связок

Классификационный признак		Характеристики частных случаев		Рис. 4.6.
принадлежность одному расслоению $Sp$	+	взаимодействие $C$ с одним $O$	++	а.
принадлежность различным расслоениям $Sp$	-	взаимодействие $C$ с различными $O$ без интерференций и дифракций	-+	б.
низменный сценарий $Cv$	+	взаимодействие $C$ с различными $O$ с изменением сценария $Cv$	--	в.
измененный сценарий $Cv$	-			

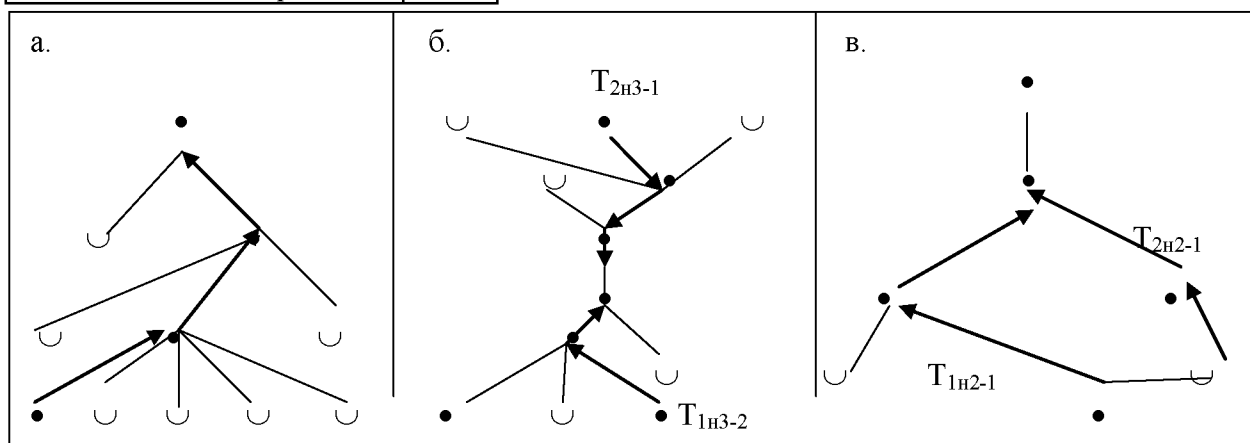


Рис. 4.6. Частные случаи незавершенных ТС

**Структура семейства ТС.** Из утверждений 4.1 и 4.3 следует, что структура ТС неоднородна. Поэтому, несмотря на замкнутость  $\{TC\}$  (любая последовательность ТС является тернарной связкой) принципиально возможно построение лишь фрагментарных классификаций, подобных приведенным в табл. 4.1, 4.2.

*Конструктивные схемы.* Смысл схем состоит в выражении условий, которые устраняют несоответствия настроек на исходную ОМ и сам О, и в формировании  $\Sigma$ , необходимого для построения уточненной ОМ\*.

Поскольку доступным выражением ТС является изменение настройки и ОМ вида (4.3- 4.4), конструктивные схемы должны включать два компонента: психофизиологический и модельный. Определим их функции и взаимная связь (рис. 4.7).

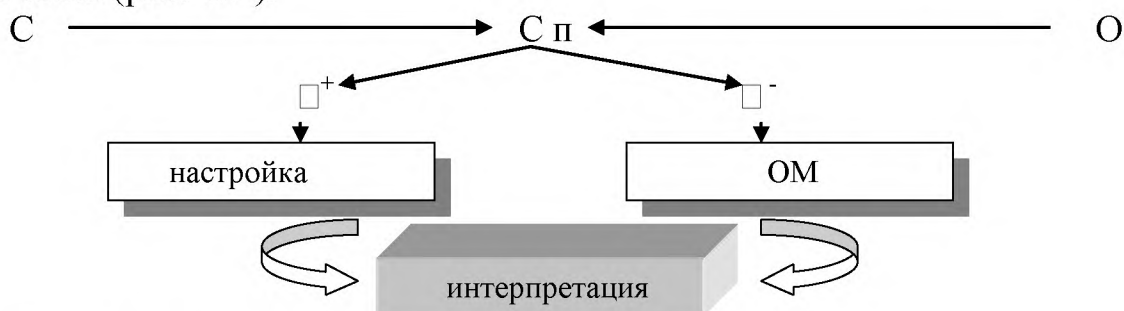


Рис. 4.7. Компоненты конструктивных схем ТС

1. Личностная настройка двойственна: на всех уровнях ее организации просматриваются взаимозависимые пары (объект - впечатления) - (воображение - ощущение). Объект и воображение трактуются как определяющие калибровочные инварианты, впечатление и ощущение - как задающие калибровку.

2. Изменение настройки состоит в одновременном ослаблении восприятия объекта и впечатления, которые порождают ряд взаимозависимых образов и ощущений, соответствующих переходу от настройки на исходную ОМ к непосредственному интуитивному восприятию конкретного О. В результате происходит изменение образов и ощущений, что порождает затем в акте творчества объект, который создает впечатление, соответствующие настройке на конечную ОМ\*. Эта модель точнее отображает свойства О, чем исходная ОМ. Изменения трактуются следующим образом:

- исходной является совокупность структур слоев  $\{\square_{ij}\}$ ; в процессе свертки осуществляется переход к слоям с меньшими порядковыми номерами; таким образом, уменьшается число отличий С от О (подраздел 2.1.). Соответственно свойству 3.14., при этом уменьшается и размерность га, что приводит к «очищению» Сп от дифракций и интерференций, являющихся препятствиями в распознавании конкретного О. Каждый следующий пласт Сп будет ближе к О, чем предыдущие, то есть знание ( $\Sigma$ ) об объекте возрастет и будет включать более общие характеристики, которые нельзя получить с помощью логического вывода из исходных (утверждение 3.5.). При достижении  $\circ\Pi$  устраняются препятствия и обеспечивается непосредственное интуитивное восприятие конкретного О;
- влияние С и конкретного О инициирует  $\circ\Pi \rightarrow \circ A$  и устанавливает правильную калибровку; дальнейшее расслоение формирует правильное распределение С- множеств и С- элементов. Их и должна показывать ОМ\*.

3. Для графических ОМ композиция трактуется как выражающая калибровочные инварианты, а размеры и цветовые решения - как факторы, устанавливающие калибровку. Изменения О проводятся с помощью итерации, состоящей в последовательности сравнений с настройкой и коррекции модели. Настройка здесь выполняет функции Кс (ощущения сравниваются по принципу лучше - хуже и т.п.; их геометрическое содержание определяется аксиомами 4.1.-4.2.). Результат выражается в изменении композиции, размеров, цветовых решений, а также интерпретации. Сравнение разнообразных ОМ\* (например, построенных различными людьми) проводится по обычным правилам и предполагает квалиметрические оценки.

4. Интерпретацией ОМ\* является пояснение, выраженное способами М, и подлежащее проверке.

**Соотношение** с отображениями (табл. 4.3) следует из условий 2.10.

**Таблица 4.3.** Сравнение отображений и ТС.

Сравнение	Отображение	ТС
понятие отображения	бинарность; определенность образа, прообраза, аппарата; неизменная конструктивная схема	тернарность; неопределенность С и О; двойственность аппарата и проекции; неопределенность и изменяемость личностного, вариантность модельного компонентов
характеристика совокупности отображений	группа однородной структуры	вырожденные подгруппы ТС <sub>р</sub> и ТС <sub>з</sub> , семейство с обратным отображением ТС <sub>н</sub>
инварианты	точно определены для каждой группы набор свойств, которые сохраняются	неопределенный У, Сп, Сп для ТС <sub>зр</sub> ; определенные □ <sub>і</sub> для ТС <sub>н</sub>

### 4.3. Внешние расщепления. Построение графических объектных моделей

**Классификация.** Понятие границы, введенное в 2.1, интерпретируется как Сп. Тогда имеем такую символическую запись РС:

$$Pв: Cn \leftrightarrow O \quad (4.13)$$

Как и для ТС, доступные не Сп и О непосредственно, а

$$Pв: \{ \square_i^+ \leftrightarrow OM; \square_i \leftrightarrow OM^*; OM \leftrightarrow OM^* \} \quad (4.14)$$

Из (4.14) следует, что Pв, как результат распада ТС, исключает интуитивное угадывание и Pв ≠ ТС. Поэтому ТС, □<sub>і</sub> и О здесь рассматриваются не как элементы аппарата, а как образ и прообраз отображения. Распад ТС выражается также в несовместимости ОМ разнообразных компонентов личностной настройки.

Определим инварианты РС, рассмотрев, что свойства  $\square_i$  должны быть сохранены при построении графических ОМ, являющихся  $OM_1$ . Необходимо сохранение *размерности  $Sp$ , групп симметрии, отношений принадлежности и последовательности образования множеств и элементов, количества элементов и операций, гармонических отношений характеристик слоев*. Количественные характеристики и являются калибровочными инвариантами Рв. Поскольку инварианты относятся к двум группам – топологической и проективной – для их воспроизведения необходимые топологические и проективные отображениями. Имеем

**Утверждение 4.4.** Семейство  $\{Pв\}$  включает подсемейства топологических  $\{TRв\}$  и проективных  $\{PPв\}$  отображений. Каждое внешнее расслоение является результатом их последовательного осуществления:

$$PC=TRв*PPв \quad (4.15)$$

Поскольку происходит отображение структур  $\square_i$  и ОМ, которые включают как элементы, так и отношение, имеем

**Следствие 1.** Отображение семейства  $\{Pв\}$  являются функторами.

**Подсемейство топологических отображений.** Пусть структуры расслоения, которые моделируются, образованы в результате взаимодействия одного С с одним О и сохраняются все пересчитанные инварианты. Имеют место следующие утверждение и следствия [42]:

**Утверждение 4.6.** Пусть функтор  $T: p_i \rightarrow K^1$  обеспечивает взаимно-однозначное отображение С- элементов в вершины, а последовательности расслоений – в ребра линейного комплекса так, что одному слою соответствует одна звезда. Тогда  $T \in \{TRв\}$ .

**Доказательство.** Необходимо показать:

а. **Сохранение симметрии.** В данном случае это означает одинаковость числа вершин и ребер для симметричных частей и звезд. Поскольку  $Sp$  симметрично, субъектная и объектная половины дают симметричные расслоения. Поскольку  $T$  является взаимно-однозначным, образы этих расслоений будут содержать одинаковое количество вершин и ребер в каждой звезде. Далее, структуры связей вершин и ребер этих звезд также будут одинаковыми, поскольку расслоение данного типа не предполагают операций между элементами (рис. 4.8). Таким образом, симметрия сохранится, причем имеем следующее

**Следствие 1.** При отображении  $T$  симметрия  $K^1$  соответствует симметрии С- множеств и косо́й симметрии  $Sp$  в целом.

б. **Сохранение размерности.** Пусть задано пространство  $E^n$ , где количество элементов координатного базиса  $n=га$ , а  $K^1$  - линейный комплекс в  $E^n$ . Тогда, если параллельным элементам С- множеств в  $K^1$  соответствуют параллельные ребра, а перпендикулярным элементам - перпендикулярные ребра (их вершины должны быть образами элементов), то размерность  $Sp$  и ее распределение по слоям будут сохранены (рис. 4.9).



Практически, вследствие компактификации  $S^p$  (подраздел 3.4.), это можно обеспечить только при увеличении масштаба при переходе к слоям с большими номерами.

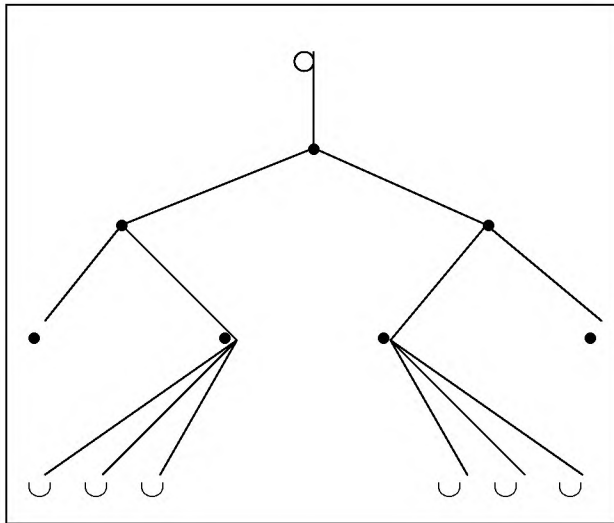


Рис. 4.8. Сохранение симметрии  $S^p$

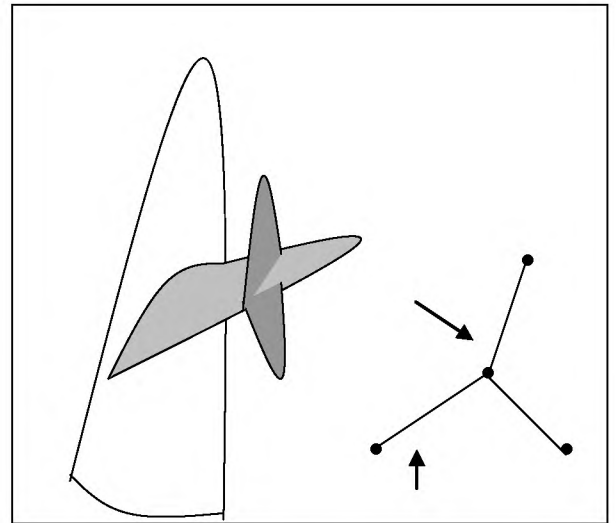


Рис. 4.9. Сохранение размерности  $S^p$

в. **Возможность различения волн и солитонов.**  $\bullet$ , как  $S$ -множествам, соответствуют общие вершины звезд, а  $\cup \bullet$ , как элементам, - вершины простых ребер.

г. **Возможность изображения сценариев  $R_v$ .** Пункты а.-в. показывают, что  $K^1$  имеет вид  $S$ -графа без циклов. Задавая ориентацию его ребрам, получим возможность отслеживать разнообразные сценарии расслоений и сверток, причем конкретному сценарию будет соответствовать только один маршрут -  $PC$ -диаграмма. Имеем:

**Следствие 2.** *Т однозначно переводит расслоение  $S^p$  в  $PC$ -диаграмму. Вследствие выполнения пунктов а.-г., утверждение 4.6. доказано.*

Отметим еще несколько важных последствий.

**Следствие 3.**  *$PC$ -диаграмма является  $OM$  расслоения  $S^p$ .*

**Следствие 4.** *Все гомеоморфные  $PC$ -диаграммы являются различными моделями одного сценария расслоения.*

**Следствие 5.** *Порядок связности  $S$ -графа равен нулю.*

**Следствие 6.** *Эйлерова характеристика  $S$ -графа равна единице.*

Возможно обобщить сделанные выводы на случаи взаимодействия  $S$  с несколькими  $O$  (или нескольких  $S$  с одним  $O$ ). Отличием от предыдущего случая является наличие операций. Это требует некоторого изменения условий, которые задают отображение.

**Утверждение 4.7.** *Пусть функтор  $T_i: \{p_i\} \rightarrow K^1*$  обеспечивает взаимно-однозначное отображение  $S$ -элементов в вершины, а последовательности расслоений - в ребра  $K^1$  так, что одному слою каждого расслоения соответствует не меньше, чем одна звезда, а каждой операции, изменяющей сценарий, - один простой цикл. Тогда  $T_i \in \{TP_v\}$ .*

**Доказательство.** Пункты а.г. доказываются аналогично одноименным пунктам предыдущего утверждения; отметим некоторые отличия.

1) структуры звезд будут одинаковыми вследствие взаимной однозначности соответствия операция - цикл (в случае нескольких операций элементы, которые отображают вершины, должны учитываться столько же раз (рис. 4.10)).

2) при изменении сценария расслоения будет наблюдаться неоднозначность свертки.

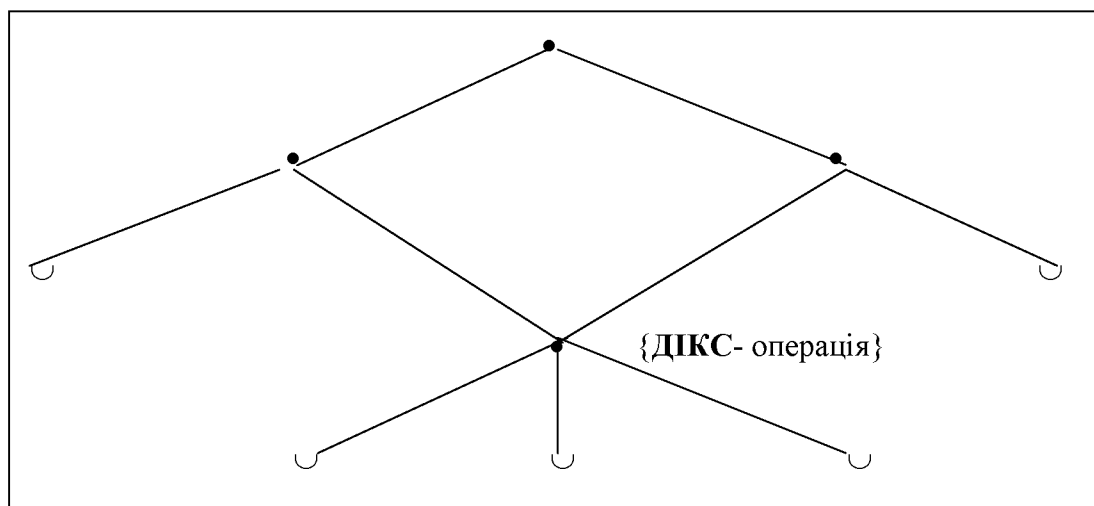


Рис. 4.10. Условное изображение С- операций

Далее, необходимо показать реализацию соответствия операция - цикл. Результирующий солитон должен изображаться как общая вершина звезды, ребра которой связывают ее с вершинами, которые соответствуют взаимодействующим элементам (рис. 4.10 ). Утверждения доказано. Справедливым является

**Следствие 1.** Эйлера характеристика С- графа:

$$e=1-h, \tag{4.16}$$

где  $h$  – порядок связности, равный количеству ребер, которые можно удалить, не разбивая граф на несвязные компоненты. Отметим, что  $h$  не равен количеству циклов.

**Подсемейство проективных отображений.** Калибровка С- графа состоит в приписывании каждой вершине параметров  $\pi_{ik}, t_{ik}$ , и т. п., рассчитанных по (3.8-3.15) относительно некоторых начальных значений, определенных экспериментально. Изменение калибровки интерпретируется как перемещение относительно координатного базиса. Поэтому калибровка проводится путем метризации графа. Тогда справедливым является

**Свойство 4.5.** Инвариантами преобразований  $P \in \{ПРв\}$  являются сохранение соотношений длин, площадей, объемов.

**Семейство {Рв}** включает все рассмотренные в данном разделе преобразования.

**Конструктивные схемы.** Последовательность построения объектных моделей. С- графы и РС- диаграммы являются многомерными объекта-

ми. При построении графических ОМ возникает задача отображения на плоскость. Выбор отображения должен проводиться для каждого конкретного случая по условиям сохранения необходимых инвариантов и ориентации ребер. Таким образом, имеем

**Свойство 4.6.** *Проекционное изображение метризованной РС- диаграммы является ОМ сценарием и характеристикой расслоения  $S_p$ .*

**Свойство 4.7.** *Преобразование  $P \in \{PRv\}$  является композицией двух видов преобразований:  $P_1$ , которые сохраняют соотношение метрических характеристик, и  $P_2$ , которые сохраняют эти соотношения при проецировании на площадь:*

$$P = P_1 * P_2 \quad (4.16)$$

**Утверждение 4.8.** *Пусть  $p \rightarrow C^*$ - граф и пусть проведена метризация графа по потенциалу (по времени) такая, что соотношение длин ребер приравнивают соотношениям потенциалов (единиц измерения времени). Тогда ортогональное проецирование сохранит их.*

**Доказательство.** Пусть ребра графа - только отрезки прямых, параллельных координатным прямым. Тогда при размерности комплекса  $n$  в  $E^n$  ему можно поставить в соответствие  $n$  координатных плоскостей, таких, что все параллельные ребра параллельны этим плоскостям. Ортогональное проецирование на эти плоскости не искажает длин ребер, следовательно, и их соотношений, что и требовалось доказать.

Поскольку данное отображение будет также эквиареальным, то имеем

**Следствие 1.** *Пусть  $p \rightarrow C^*$ - граф и пусть проведенная метризация графа по потенциалу (по времени) такая, что соотношение площадей «вершин» равно соотношениям потенциалов (единиц измерения времени). Тогда ортогональное проецирование сохранит эти соотношения.*

Ориентация ребер также сохранится, поэтому справедливо

**Следствие 2.** *Ортогональное проецирование сохранит вид РС- диаграммы.*

**Таблица 4.3.** *Бинарные отображения и  $Pv$ .*

Сравнение	Отображение	$Pv$
понятие отображения	бинарность; определенность образа и прообраза; определенная конструктивная схема;	бинарность; определенность образа и прообраза; определенная конструктивная схема;
характеристика семейства отображений	группа однородной структуры	семейство сложной структуры: последовательности топологических и проективных отображений
инварианты	точно определены для группы набор свойств, которые сохраняются	топологические и проективные

Сравнение показывает, что РС является сложным функтором, что представляется последовательностью разнородных отображений. РС не является изоморфными; отображая сценарий расслоения-свертки, позволяя делать калибровки и изображать РС- диаграммы, они полезны при решении прикладных задач, позволяя строить графические ОМ структур Сп.

**Последовательность построения графических ОМ.** Подытоживая предыдущий материал, имеем, после конструирования Вм и определения характеристик самоорганизации, такую последовательность построения:

1. Определение размерности  $E^n$ , исходя с условия  $n=ra$ ; в свою очередь, величина  $ra$  соответствует уровню детализации, необходимому для конкретной задачи.

2. Абстрагирование от свойств Вм с целью представить ее в виде С-графа (РС- диаграммы) в  $E^n$ , так, чтобы были сохранены инварианты  $OM_1$ . В случае, когда С- граф используется в качества Кс, его метризация проводится в соответствии с распределением характеристик; иначе переход к пункту 3.

3. Топологические преобразования (кривых в отрезки прямых и т. п.) с целью упростить построение проекционного отображения. Необходимо сохранить порядки симметрии С- множеств; группы симметрии могут, по договоренности, заменяться другими, или не воспроизводиться, или указываться в текстовой части.

4. Проведение локальных разверток с целью упрощения проецирования.

5. Построение проективного изображения на комплексном эппюре.

6. Метризация изображений, например, распределения потенциалов с помощью плоскостей прямоугольников «вершин» графу,  $A$  и  $l$  – длин его сторон,  $t$  – длин ребер; состояние может условно показываться тем или иным цветом, и тому подобное.

7. Дополнение графической ОМ текстовыми пояснениями, аналитическими зависимостями и иными способами воспроизведения характеристик, которые нецелесообразно представлять в графической форме. Так, в дальнейшем будем использовать С- графы и РС- диаграммы, в случае потребности указывая в тексте группу симметрии.

#### 4.4. Внутренние расщепления

Расщепления  $VR$  в дальнейшем будут мало использоваться, поэтому целесообразно рассмотреть лишь некоторые их свойства; более полное рассмотрение представлено в [42]. Символическая запись  $VR$  такая:

$$Pv: Cn \rightarrow C, \quad (4.18)$$

$VR$  является бинарным расщеплением и  $VR \neq TC$ . Как и для  $Pv$ ,  $\square_i$  и  $O$  будут не элементами аппарата, а образом и прообразом  $VR$ . Для построения ОМ необходима последовательность двух отображений: вначале  $VR$ , затем  $Pv$ .

**Инварианты вR** такие же, как и для Rв. Выясним, не имеются ли какие-либо другие ограничения. Ответ дает

**Утверждение 4.9.** *вR обеспечивает сохранение сценария расслоения, количеств элементов и операций, а также размерности, без дополнительных ограничений.*

**Доказательство.** Поскольку С и О симметричны относительно Sp (свойство 2.1.), то отображение вR не отличается от Rв ничем, кроме направленности:  $C \rightarrow Sp$  в первом и  $Sp \rightarrow O$  во втором случае. Поскольку Rв взаимно однозначно (утверждения 4.6,4.7), то таким является и вR. Изменение направленности не нарушает соответствия между образом и прообразом, то есть не влияет на сохранение пересчитанных характеристик, что и требовалось доказать.

Отсюда непосредственно вытекает

**Следствие 1.** *Калибровочными инвариантами семейства {вR} являются: сценарий расслоения, симметрия, гармонические отношения элементов С-множеств, количество элементов и операций, размерность.*

Сравнение с Rв показывает тождественность инвариантов. Поэтому справедливы:

**Свойство 4.8.** *Семейство {вR} включает подсемейства топологических {T<sub>в</sub>} и проективных {П<sub>в</sub>} отображений. Для каждого вR справедливо*

$$Rв = T_в * П_в \quad (4.19)$$

**Следствие 1.** *Отображение семейства {вR} являются функторами.*

Рассмотрим подсемейства вR.

**Подсемейство {T<sub>в</sub>}.** Рассмотрим  $C \rightarrow Sp$  для: 1) взаимодействия С с одним О; 2) взаимодействия С с {О}.

1) имеем

**Утверждение 4.10.** *Пусть функтор  $T: K^1 \rightarrow p_i$  обеспечивает взаимно-однозначное соответствие вершин и С-элементов, ребер и последовательности расслоений так, что звезде соответствует один слой  $Sp^+$  или  $Sp^-$ . Тогда  $T \in \{T_в\}$ .*

**Доказательство.** Утверждение 4.10. является дополнительным к утверждению 4.6. Поскольку С и О симметричны, а оба отображения взаимно однозначны, то изменение направления не влияет на аппарат и инварианты отображения, то есть для T будет выполняться утверждение 4.6. и, следовательно  $T \in \{T_в\}$ , что и требовалось доказать.

Имеют место следующие следствия:

**Следствие 1.** *Обратное и дополнительное топологические отображения определяются соответственно схемам*

$$\begin{array}{ccc} T_в: C \rightarrow Sp, & T_в^{-1}: Sp \rightarrow C & \\ \downarrow \text{дополнительны} \downarrow & & \\ T_в^{-1} R_в: O \rightarrow Sp, & T R_в: Sp \rightarrow O & \end{array} \quad (4.20)$$

Здесь дополнительность понимается как тождественность (с точностью до инвариантов) результата выполнения дополнительных отображений. Например, результатом выполнения  $T^{-1}PC^*T_B$  будет  $Sp$  с точностью до инвариантов  $OM_1$ .

**Следствие 2.** При выполнении  $T$  симметрии  $K^1$  соответствует косая симметрия  $Sp$ .

**Следствие 3.**  $T$  однозначно переводит  $PC$ - диаграмму в последовательность расслоения субъектной или объектной половин  $Sp$ .

**Следствие 3.** Всем гомеоморфным и одинаково ориентированным  $PC$ - диаграммам соответствует только одно расслоение субъектной или объектной половины  $Sp$ .

При построении  $OM$  имеют место также утверждение 4.6 и его следствия.

2) следующее утверждение будет дополнительным к 4.7:

**Утверждение 4.11.** Пусть функтор  $T_i: \{p_i\} \rightarrow K^1*$  обеспечивает взаимно-однозначное соответствие вершин и  $C$ - элементов, ребер и расслоений, причем каждой звезде соответствует не более чем один слой, а каждому простому циклу – не более чем одна операция, которая изменяет сценарий расслоения. Тогда  $T_i \in \{T_{\sigma}\}$ .

**Доказательство.** Поскольку  $C$  и  $O$  симметричны, а изменение направления отображения не влияет на инварианты, то утверждение 4.11. выполняется постольку, поскольку выполняется утверждение 4.7. и, следовательно,  $T_i \in \{T_B\}$ , что и требовалось доказать.

При построении  $OM$  выполняется утверждение 4.7. и его Следствие.

**Подсемейство  $\{P_B\}$ .** Калибровка субъектных представлений (аналог  $OM$  для  $C$ ), в отличие от  $OM$ , не может проводиться непосредственно, вследствие их недоступности. Поскольку же  $C$  и  $O$  являются тождественными имеет место

**Свойство 4.9.** Калибровка субъектного представления совпадает с калибровкой  $OM$  из точностью до калибровочных инвариантов.

Если калибровка проводится путем метризации, справедливым является

**Свойство 4.10.** Инвариантами преобразования  $P \in \{P_{\sigma}\}$  является сохранение соотношений длин и площадей.

Под обратимостью будем понимать возможность восстановления структур расслоений  $Sp$  по субъектным представлениям. Необходимо сформулировать условия адекватности расслоения, отображаемого с помощью  $BP$  в  $OM$ :

**Условие 4.1.** Для однозначного восстановления расслоения  $Sp$  из точностью до калибровочных инвариантов необходимой и достаточной является однозначность:

- взаимной принадлежности вершин и ребер  $C$ - графа;
- ориентации ребер  $PC$ - диаграммы;

- соответствия количества звезд определенного вида и операций.

Теперь можно сформулировать положение о структуре  $P_v$ :

**Свойство 4.11.** Преобразование  $P \in \{P_v\}$  является композицией преобразований двух видов:  $P_1$ , сохраняющего соотношение метрических характеристик и  $P_2$ , восстанавливающего структуры расслоения  $C_n$  по субъектному представлению:

$$P_v = P_1 * P_2 \quad (4.21)$$

**Семейство  $\{vP\}$**  включает все рассмотренные выше отображения.

Рассмотрим  $vP$  как  $C \rightarrow C_n$ . В этом случае конструктивная схема, определенная выше, сохранится и изменится лишь ее назначение – она будет использоваться для восстановления расслоения. Для ортогонального проецирования в  $E^n$  имеем

**Свойство 4.12.** Пусть  $C^*$ -граф метризован по потенциалу (единицам времени) таким образом, что соотношение длин ребер равно соотношению потенциалов (единиц времени) и выполняется условие 4.1. Тогда ортогональное проецирование  $C^*$ -графа сохранит эти инварианты.

Обоснование данного свойства аналогично доказательству утверждения 4.8, которое является дополнительным. Вследствие эквивалентности данного отображения, справедливо

**Следствие 1.** Пусть  $C^*$ -граф метризован по потенциалу (единицам времени) так, что соотношение площадей «вершин» равно соотношением потенциалов (единиц времени) и выполняется условие 3.5. Тогда ортогональное проецирование  $C^*$ -графа  $\rightarrow P$  сохранит эти инварианты.

При однозначности ориентации имеем

**Следствие 2.** При заданных выше условиях каждой  $PC$ -диаграмме в результате ортогонального проецирования сопоставляется только один сценарий  $P$  или  $C_v$ .

Сравнение бинарных отображений и  $vP$  аналогично представленному в табл. 4.3.

## 4.5. Г-операторы

Рассмотрим задачу сравнения различных расслоений в двух постановках:

1. «Локальная» - сравнение проводится на уровне  $C$ -элементов слоев путем их соотнесения с  $K_c$ . Процедура измерения и ее ограничения описано в 3.4. Здесь невозможно сравнивать расслоение в целом; кроме того, в результате измерения изменяются сами элементы.
2. «Глобальная» - сравнение проводится для двух расслоений путем установления соответствия между их структурами (32). В этом случае степень схожести расслоений характеризуется инвариантами соответствия, а само соответствие сопоставляется с одним из видов  $\Gamma$ -опера-

торов, обусловленных в (2.2-2.5) (31). В свою очередь, в состав семейства  $\Gamma$ - операторов должны входить группы отображений с соответствующими инвариантами.

Следовательно, для классификации  $\Gamma$ - операторов и построения их конструктивных схем необходимо рассмотреть задачу сравнения расслоений в глобальной постановке.

### **Классификация.**

**Схема (2.2) - синтез.** В этом случае  $\{\text{ДГМ}_i\}^{\text{ога}}$  отображается в НГМ. Покажем, что справедливым является

**Утверждение 4.12.**  *$\Gamma$ - оператор (2.2) сопоставляется с одним шагом свертки, что соответствует взаимодействию одного  $S$  с одним  $O$ :*

$$(Sv: \square_i \rightarrow \square_{i-1}) \rightarrow \Gamma\text{-оператор}(2.2) \quad (4.22)$$

**Доказательство.** Необходимо показать:

**а. Возможность сопоставления  $\text{ДГМ}_i$  с элементами  $i$ - того слоя, а НГМ - с солитоном  $i-1$ -го  $S$ - множества.** Поскольку элементы  $i$ - того слоя имеют, согласно сценария расслоения, описанного в главе 3 и свойств 3.2, 3.5, частично общую границу на поверхности солитона предыдущего пласта, то они являются относительно однородными, то есть сопоставимыми с  $\text{ДГМ}_i$ . Также и этот солитон, как потенциально содержащий все элементы,  $i$ - того слоя, является сопоставимым с НГМ

**б. Соответствие указанного типа  $Sv$  понятию  $\Gamma$ - оператора.** Поскольку свертка осуществляется без  $N$  и внутри  $S_p$  (граничность), включает только один шаг между двумя определенными структурами (бинарность), и, соответственно пункту а.,  $\bullet_{i-1}$  представляется как «актуально бесконечный» относительно  $\square_i$ , она аналогична понятию  $\Gamma$ - оператора, введенному во второй главе. Таким образом, возможно сопоставление  $\Gamma$ - оператора по схеме (2.2) со  $Sv$ , что и требовалось доказать (рис. 4.10).

Из утверждения 4.12. вытекает несколько следствий.

**Следствие 1.**  *$\Gamma$ - оператор по схеме (2.2) может использоваться для сопоставления  $\text{ДГМ}$  и НГМ, соответствующих одному расслоению  $S_p$ , и не может использоваться для сопоставления  $\text{ДГМ}$  и НГМ относящихся к различным расслоениям.*

Это прямо определяется условиями выполнения утверждения 4.12. Поскольку свертки и  $ТС_n$  связаны согласно (4.4), имеем

**Следствие 2.**  *$\Gamma$ - оператор по схеме (2.2) может быть сопоставлен с  $ТС_n$ , обусловленной взаимодействием одного  $S$  с одним  $O$ .*

В свою очередь, последствия 1 и 2 определяют

**Следствие 3.** *Калибровочными инвариантами  $\Gamma$ - оператора по схеме (2.2) являются структуры предыдущих слоев и гармонические отношения одноименных характеристик соседних слоев.*

Отметим также важное следствие, которое относится к практическому применению описанного сопоставления



**Следствие 4.** *Возможно сопоставление интуитивного вывода общих характеристик, интерпретируемых в рамках теории  $S$ - множеств и  $ТС_n$ , и синтетического умственного процесса, описываемого как  $\Gamma$ - оператор (2.2).*

Следовательно, поскольку существует возможность такого сопоставления, а  $ТС_n$  согласно утверждения 4.2. и его следствию 1 является полугруппой, то и совокупность  $\Gamma$ - операторов по схеме (2.2) можно охарактеризовать как полугруппу с обратным отображением, имеющим, согласно табл. 4.2, сигнатуру ++ и «пошаговое» действие.

**Схема (2.3) - анализ.** Здесь НГМ отображается в  $\{ДГМ_i\}^{\infty a}$ , что интерпретируется, согласно свойства 2.1., как преобразование однородных границ в относительно однородные.

**Утверждение 4.13.**  *$\Gamma$ - оператор по схеме (2.3) сопоставляется с одним шагом расслоения  $S_n$ , что соответствует взаимодействия одного  $S$  с одним  $O$ :*

$$(P: \square_{i-1} \rightarrow \square_i) \rightarrow \Gamma\text{-оператор}(2.3) \quad (4.23)$$

**Доказательство.** Возможность интерпретации НГМ как солитона, а  $\{ДГМ_i\}^{\infty a}$  как элементов соответствующего  $S$ - множества показана при доказательстве утверждения 4.12. Один шаг расслоения соответствует схеме (2.3), поскольку расслоение в данном случае будет бинарным и граничным, а актуальная бесконечность сопоставляется с разнообъемностью. Таким образом, имеем сопоставимость  $\Gamma$ - оператора по схеме (2.3) и расслоения, что и требовалось доказать.

Рассмотрим некоторые следствия. Поскольку  $S$  взаимодействует только с одним  $O$ , имеем

**Следствие 1.**  *$\Gamma$ - оператор (2.3) может использоваться для сопоставления НГМ и ДГМ, относящихся к одному расслоению, и не может использоваться для сопоставления НГМ и ДГМ различных расслоений.*

Сравнение с условиями утверждения 4.12. и его следствия 2 показывает, что справедливым является

**Следствие 2.**  *$\Gamma$ - оператор (2.3) является обратным по отношению к  $\Gamma$ - оператору (2.2).*

Поскольку  $\Gamma$ - оператор (2.2) реализуется как компонент аппарата  $ТС_n$  и образует полугруппу с обратным отображением (следствие 2 утверждения 4.12.), то и для  $\Gamma$ - оператора (2.3) справедливы

**Следствие 3.**  *$\Gamma$ - операторы (2.3) образуют полугруппу с обратным отображением.*

**Следствие 4.** *Калиброванными инвариантами  $\Gamma$ - оператора (2.3) являются гармонические соотношения одноименных характеристик соседних слоев.*

Отметим также важное для практических внедрений

**Следствие 5.** *Возможное сопоставление интуитивного вывода отдельных характеристик, интерпретируемого в рамках теории  $S$ - множеств*

и расслоений  $S_p$ , с аналитическим умственным процессом, интерпретируемым как  $\Gamma$ -оператор (2.3).

**Схемы (2.4) - отождествление и (2.5) - проецирование.** Уточним соотношения проецирования и отождествления, рассмотрев вопроса о существовании тождественных НГМ и ДГМ.

**Утверждение 4.14.** *Не существует двух тождественных по всем калибровкам НГМ или ДГМ.*

**Доказательство.** Пусть в результате распада  $U$  существуют две тождественные пары  $C_1 - O_1$  и  $C_2 - O_2$ . Тогда они не разграничены и составляют единое целое, то есть не возникает  $S_p$ . Следовательно, согласно утверждениям 4.12. и 4.13., нет и соответствующих НГМ и ДГМ, что и требовалось доказать.

Отсюда непосредственно вытекает

**Следствие 1.** *Сравнение НГМ и НГМ\*, ДГМ и ДГМ\* возможно с точностью до калибровочных инвариантов, но не калибровок.*

Теперь рассмотрим соответствия и инварианты  $\Gamma$ -оператора по схеме (2.5). Имеет место следующее

**Свойство 4.13.**  *$\Gamma$ -операторы (2.5) сопоставляются с функторами, которые отображают структуры расщеплений  $p$  и  $p^*$ ,  $p \neq p^*$ , следующим образом:*

$$\text{для НГМ: } \bullet_{i,k..j,l} \longleftrightarrow \bullet^*_{i,k..j,l} \quad (4.24)$$

$$\text{для ДГМ: } \square_{i,k..j,l} \longleftrightarrow \square^*_{i,k..j,b} \quad (4.25)$$

где индексы  $i, k \dots j, l$  обозначают все  $S$  элементы слоев и множеств для всех стадий  $P$  и  $P^*$  от  $i$  до  $j$  включительно.

**Свойство 4.14.** *Калибровочными инвариантами  $\Gamma$ -оператора (2.5) являются  $PC$ -диаграмма  $p$  и  $p^*$  и отношение одноименных характеристик соседних слоев в отдельности для  $p$  и  $p^*$ , обусловленных формулами (3.8.-3. 15).*

Выясним отношения калибровок образа и прообраза:

**Свойство 4.15.**  *$\Gamma$ -оператор (2.5) сохраняет отношение одноименных калибровок  $p$  и  $p^*$ :*

$$\forall i, k \frac{x_{ik}(p)}{x_{ik}(p^*)} = const, \quad (4.26)$$

где  $x_{ik}(p)$  и  $x_{ik}(p^*)$  - наборы характеристик, введенные в 3.3.

Сопоставление с инвариантами  $OM_1$  показывает, что в состав  $\Gamma$ -операторов (2.5) входят как группы топологических, так и группы проективных преобразований.

Для построения теории распознавания важным является такое положение: *отношение между моделями, которое воспринимаются как изоморфные, определяются утверждением 4.14. и свойствами 4.13.- 4.15.*

Перейдем к рассмотрению сопоставлений и инвариантов  $\Gamma$ - оператора (2.4).

**Свойство 4.16.**  $\Gamma$ - операторы (2.4) сопоставляются с функторами, которые отображают структуры расслоений  $p$  в  $p^*$ ,  $p \neq p^*$ , таким образом:

$$\text{для НГМ: } \bullet_{i,k\dots j,l} \rightarrow \bullet_{n,m\dots t,r}^* \quad (4.27)$$

$$\text{для ДГМ: } \square_{i,k\dots j,l} \rightarrow \square_{n,m\dots t,r}^* \quad (4.28)$$

где индексы  $i, k \dots j, l$  обозначают все  $C$ - элементы слоев  $p$  от  $i$  до  $j$  включительно;

индексы  $n, m \dots t, r$  - все  $C$ - элементы слоев  $p^*$  от  $n$  до  $t$  включительно.

Таким образом, здесь нарушается однозначность, что делает невозможным точное определение соответствующих операциям простых циклов. Поэтому РС- диаграммы не являются инвариантами этой схемы и справедливо более ограниченное

**Свойство 4.17.** Калибровочными инвариантами  $\Gamma$ - оператора (2.4) являются отношения одноименных характеристик соседних стадий расщеплений в отдельности для  $p$  и  $p^*$ , обусловленные формулами (3.8-3 15).

Для топологически одинаковых структур выполняется

**Свойство 4.18.**  $\Gamma$ - оператор (2.4) хранит отношение одноименных калибровок  $p$  и  $p^*$  для топологически одинаковых частей образа и прообраза

$$\forall i, j, k \frac{x_{ik}(p)}{x_{jk}(p^*)} = const, \quad (4.29)$$

где  $x_{ik}(p)$  и  $x_{jk}(p^*)$  - наборы характеристик, введенные в 3.3.

Свойства 4.16.- 4.18. определяют, что семейство  $\Gamma$ - операторов (2.4) включает проективные преобразования. Отметим, что соотношение между моделями, которые воспринимаются как гомоморфные, определяются свойствами 4.16.- 4.18.

Классификация  $\Gamma$ - операторов соответствует схеме на рис. 4.11.

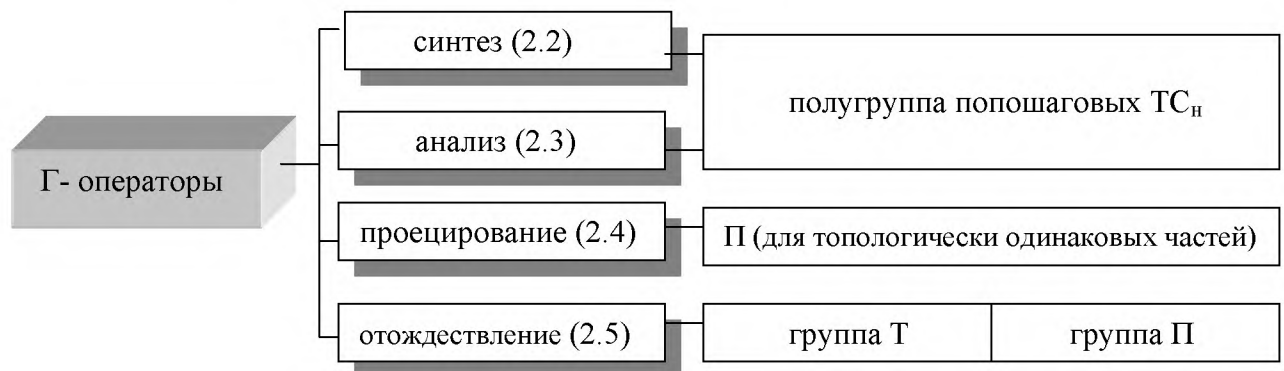


Рис. 4.11. Классификация  $\Gamma$ - операторов

**Использование Г- операторов для представления умственных процессов.** Г- операторы выполняют роль настройки в аппарате ТС. Они не адекватны интуитивным процессам, но, тем не менее, могут использоваться для описания некоторых их сторон, сравнимых с (2.2-2.5). Необходимые типы схем:

1. Для пошаговой свертки - расслоения (Г- оператор (2.2 2.3));
2. Для топологических и для проективных соответствий (Г- оператор (2.5));
3. Для проективных соответствий топологически одинаковых частей образа и прообраза (Г- оператор (2.4)).

1. Имеем схемы, аналогичные приведенным в подразделе 4.1, с особенностями:

- отсутствие доступных ОМ и возможности их использования для настройки;
- пошаговый характер свертки- расслоения;
- синтез (анализ) структур только одного расслоения.

Реализация таких схем состоит в интуитивном конструировании, включающем такие этапы:

1) свертка:

- фиксация внимания на  $\square^{+-}_{ik}$  как аппарата ТС с текущим объектом;
- прекращение **H**;
- релаксация и интуитивный переход к  $\square^{+-}_{i-1m}$ ;
- фиксация их в качества образа - ДГМ или НГМ;

2) расслоение:

- фиксация внимания на  $\square^{+-}_{ik}$  как проекции текущего объекта;
- **H**;
- переход к  $\square^{+-}_{i+1n}$ ;
- фиксация их в качестве образа - ДГМ или НГМ.

Далее возможно построение ОМ полученных ДГМ или НГМ путем реализации внешнего расщепления.

2. Конструктивные схемы аналогичны описанным в 4.2. Поскольку имеются одинаковые топологические и проективные инварианты  $ОМ_1$ , справедливым является

**Свойство 4.19.** *Конструктивные схемы Г- операторов (2.5) реализуются как последовательные выполнения топологических и проективных отображений, которые описываются утверждениями 4.6., 4.7., что обеспечивает сохранение инвариантов  $ОМ_1$  и возможность дальнейшей калибровки.*

Калибровка выполняется путем интуитивного сравнения в каждой из отображаемых пар структур  $\square^{+-}_{ik}$  и  $\square^{+-} *_{ik}$ . Настройка включает:

- фиксацию внимания на  $\square^{+-}_{ik}$  ;
- **H**  $\square^{+-} *_{ik}$ ;
- переход к  $\square^{+-}_{i+1n}$  , как к откалиброванной за этим влиянием;
- свертка и возвращение к  $\square^{+-}_{ik}$  ;
- выполнение тех же действий для  $\square^{+-} *_{ik}$  .

Отметим, что здесь возможны построение и калибровка ОМ с учетом ограничений, обусловленным утверждением 4.8. и его следствиями.

3. Конструктивные схемы реализуются как проективные соответствия топологически одинаковых частей. Имеет место

**Свойство 4.20.** Для  $\Gamma$ - оператора по схеме (2.4)  $\square^+_{ik} \rightarrow \square^+_{n,m}$ ,  $k < m$ , количество возможных соответствий не составляет

$$n_c = C_m^k = \frac{m!}{k!(m-k)!} \quad (4.30)$$

Поскольку  $k$  и  $m$  определяются номерами слоев  $i$  и  $n$ , то для предыдущих (следующих) слоев и  $S$ - множеств  $n_c$  будет изменяться. Поэтому необходимым подсчет количества отображений, проверка возможности их выполнения и пошаговая реализация конструктивных схем от больших значений  $i$  и  $n$  к меньшим.

Отметим возможность построения ОМ топологически одинаковых частей так, как это описано в предыдущем пункте.

В завершение проведем **сравнение с бинарными отображениями**.

**Таблица 4.3.** Сравнение бинарных отображений и  $\Gamma$ - операторов.

Сравнение	Отображение	$\Gamma$ - оператор
понятие отображения	бинарность; определенность образа и прообраза; определенность конструктивной схемы	для (2.2-2. 5): бинарность; определенность образа и прообраза в $S_p$ ;  интуитивная определенность конструктивной схемы только для (2. 2-2. 3): невозможность построения инвариантной ОМ
характеристика семьи отображений	группа однородной структуры	семья сложной структуры: полугруппа с обратным отображением, группы топологических и проективных отображений
инварианты	точно определены для каждой группы свойства, которое сохраняются	калибровочные инварианты, свои для каждой группы и полугруппы

Таким образом, конструктивная реализация ТС предоставляет возможности использовать интуитивные методы для исследования форм и отношений  $S_p$  и закладывает основы их применения в задачах оптимизации технологических систем в строительстве. Наряду с аксиоматикой  $S_p$  и теорией самоорганизации  $S_p$ , она является компонентом аппарата моделирования и оптимизации сложных систем, эргатических [42] и технологических [19, 20, 54]. В общем виде моделирование состоит в отождествлении параметров системы с теми или иными характеристиками слоев  $S_p$  и внешними воздействиями, а оптимизация – в использовании предсказаний теории самоорганизации для определения их соотношений, оценки веса, обработке экспертных оценок. Использование  $S$ - графов и РС- диаграмм позволяет наглядно представить полученные результаты. В следующих главах эти положения будут

конкретизированы применительно к моделированию и оптимизации эргатических и технологических систем.

## Глава 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭС И ТС НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗАЦИИ С- ПРОСТРАНСТВА

Как показано во вступлении, причиной нарушений нормального функционирования ЭС является несовместимость компонентов, которая, в свою очередь, обусловлена необеспеченностью целостности систем в ходе их проектирования и эксплуатации. Это же относится и к ТС. Следовательно, как раз соблюдение условий целостности имеет стать основанием мероприятий по усовершенствованию ЭС. Для этого необходимо:

а) формализовать условия целостности, исходя из определенного теории самоорганизации С- пространства набора сценариев расслоения-свертки, при которых это качество сохраняется. Это позволяет предсказать организацию системы и дать расчет относительных значений характеристик (глава 3). С точностью до определенных инвариантов (глава 4), эти прогнозы отображаются в виде  $OM_1$  - С- графов и РС- диаграмм; калибровка дает возможность перейти от относительных к физическим единицам измерения. Далее, эти графы и диаграммы, калибровка и другие составляющие  $OM$  являются формализацией условий целостности;

б) проверить, на самом ли деле эти, уже формализованные, условия являются выражением оптимальности организации систем. Подтвердить это может совпадение предсказаний теории и организации природных и биологических систем, «гарантией» оптимальности которых является формирование и выживание в ходе продолжительной эволюции и естественного отбора.

Рассмотрим некоторые другие современные подходы к формализации условий целостности:

- система целостна, если изменения определяющих параметров описываются согласованной системой дифференциальных уравнений [43,45,209,210] - акцент делается на координированном изменении компонентов системы.
- целостность имеет место, если структуры и состояния системы связаны определенными геометрическими отношениями и преобразованиями [33,261-263] - целостность определяется через организованность.
- система целостна, если ее составные части образуются в процессе членения первичной единой сущности в процессе эволюции [294] - решающее значение придается направленности самоорганизации - «сверху вниз», а не «снизу вверх»; см. также вступление и главу 1.

Следовательно, каждый из них опирается на формализацию какого-либо одного из проявлений целостности и не полностью реализует ключевую идею основоположника системного подхода Бергаланфи о несводимости системы к ее частям (эмерджентность). Однако именно эта идея закладывается в аксиоматическом определении С- пространства и проявляется в появлении комплекса признаков целостности в ходе самоорганизации. Таким обра-

зом, отличие подхода авторов, состоит в учете скоординированной по происхождением, приоритетности и весовым коэффициентами совокупности условий целостности. Перейдем к реализации этого подхода, начав с обеспечения совместимости составных частей ЭС.

## 5.1. Обеспечение совместимости компонентов ЭС

Рассмотрим факторы надежности и эффективности эргатических систем.

**Влияния внешней среды.** Будем различать две группы факторов: те, которые поддаются количественному измерению, и те, которые оцениваются косвенно.

К первой из них относятся уровни вибраций, влажности, скорости воздушных потоков, температуры, электрических и магнитных полей, запыленности и т.д. Допустимые значения некоторых из них приведены в табл. 5.1.

**Таблица 5.1.** *Рекомендованные значения внешних влияний [290,с.42].*

Фактор	Границы изменений
температура	20-22° С
влажность	30-60%
скорость ветра	<0.2 м/с
вибрация	≤90-100 д, ν=0.4 Гц и 95 д, ν>4 Гц
электрическое поле	60 кГц÷30 мГц, 20 В/м и 30 мГц÷300 гГц, 5В/м
магнитное поле	60 кГц÷5.5 мГц, 5 А/м и СВЧ 30 мГц÷30 гГц, 10 мк/см <sup>2</sup>

Влияние этих факторов на состояние оператора является нелинейным; одновременное влияние нескольких из них является неаддитивным.

К другой группе факторов, которые определяют, прежде всего, самооценку состояния оператора, относятся: чувство ответственности, страха и т.п., а также влияния формы, размеров, окраски помещения или кабины и т.п. Их раздельное или одновременное действие может вызывать нормальную, парадоксальную, ультрапарадоксальную реакцию нервной системы оператора, привести к развитию стресса. Это действие нелинейно, а синергия нескольких факторов - неаддитивна.

При проектировании ЭС нельзя пренебрегать ни одной из групп факторов. Известно, например, что *«Активность оператора резко снижается при возникновении в него психофизиологической напряженности»*, *«Напряженно-эмоциональное состояние характеризуется временным снижением различных психологических функций и координации движений»* [6,с.8].

**Процессы внутри системы.** Здесь также необходим учет разнородных формализуемых и неформализуемых факторов (информационных, технико-эстетических, психоэмоциональных, антропометрических, биомеханических).

**Сложности учета влияний** определяются нелинейностью и неаддитивностью синергии, например, допустимые при отсутствии ветра температуры вызывают дискомфортные ощущения при его наличии. Поэтому недостаточно знать допустимые границы [48,186,203,247,290,292], а необходимо



добиться, чтобы отрицательная синергия не имела места [3,7,82,84]. Таким образом, действие и внешних, и внутренних факторов характеризуется схожими особенностями, и задача обеспечения совместимости ЭС должна решаться на основе ОМ, способной их выразить. Поскольку же *«аварийный режим работы ЭС можно определить, как полную или частичную потерю совместимости ее составных частей»* [4,с.4], задача формализации условий совместимости приобретает ключевое значение для проектирования безопасных эргатических систем.

Следует различать два уровня совместимости.

**1. Интеграция.** Взаимодействие компонентов приводит к их согласованию, взаимному ослаблению или усилению общего действия, но не к образованию качественно отличной от совокупности составных частей структуры.

Примером являются ЭС, спроектированные по принципу «снизу вверх» - от элементов к системе, с приоритетом технических устройств [99] или человеческого фактора [285]. В обоих случаях возможные проблемы, подобные перечисленным в вступлении.

**2. Целостность.** Система получает *«характеристики и свойства, которые не содержатся и не присущи ни одной из ее составных частей»* [6,с.8], то есть становится самостоятельной структурной единицей, подчиняющей себе функции компонентов и видоизменяющей их соответственно принципам собственной самоорганизации в ходе взаимодействия с окружающей средой.

Такие системы должны проектироваться «сверху вниз» - от системы к элементам [27]. В целостных системах не создается предпосылок для возникновения ошибок.

Определим **условия совместимости на уровне интеграции**. Выясним, когда действие нескольких факторов приводит к их ослаблению, усилению или согласованию. Рассмотрим сначала синергию двух качественно отличных факторов.

Соответственно данным подглава 3.3. (см. также [127,с.78-81]), они интерпретируются как взаимно-перпендикулярные волны, волна и солитон, два солитона. Рассмотрим эти варианты<sup>1</sup> :

- взаимодействуют волны с произвольным соотношением  $l$ ,  $A$ , и фаз  $F$ . Образуется многомерная волна; ее суммарный потенциал уменьшается или возрастает в сравнении с потенциалами исходных волн (явление «факторной накладки»). Изменение потенциала сложно прогнозировать; возможное биение и резонанс. Таким образом, это неблагоприятный случай, приводящий к ошибкам;

---

<sup>1</sup> Ради наглядности упрощаем задачу, пренебрегая аксиомой 2.1., которая обуславливает результат взаимодействия состоянием не только взаимодействующих С- элементов, но и всего С- пространства.

- длины и потенциалы взаимодействующих волн равны:  $l_1=l_2$ ,  $\pi_1=\pi_2$ ; сдвиг по фазе  $\Delta F$  равно  $1/4$  или  $1/2$  периода  $T$  (рис.3.10а). Тогда суммарный потенциал согласованного действия факторов остается относительно стабильным, а его изменение - прогнозируемым. Здесь не имеет места факторная накладка, так же как и превышения допустимых границ влияния. Соответственно [127], такой результат взаимодействия определяется как коинциденция.
- замена одного или обоих взаимодействующих волн солитонами (рис. 3. 10б) не влияет на качественную оценку результата.

Поэтому условие интеграции разнородных факторов определится следующим образом:

**5.1.** *Взаимодействие разнородных факторов, удовлетворяющее условиям коинциденции (условие 3.2., (3.22)), приводит к их интеграции.*

Сохранение суммарного потенциала трех волн относительно постоянным возможно при соблюдении соотношений, указанных в табл. 3.4. (рис. 3. 10б). Более сложные коинциденции можно рассматривать как комбинации условий коинциденции двух и трех волн; возможные и иные соотношения, которые не нарушают условий 3.2.

Отсюда следуют такие правила компенсации неблагоприятного действия одного или нескольких факторов:

**5.2.** *Если для компенсации используются факторы, которые имеют потенциалы, равные потенциалам неблагоприятных факторов, условия интеграции определяются из их интерпретации как C- элементов одного слоя, а соотношение - соответственно порядку и группе симметрии слоя.*

**5.3.** *Если для компенсации используются факторы, которые имеют различные потенциалы, условия интеграции и соотношения определяются из их интерпретации как C- элементов различных слоев.*

Наличие большого числа комбинаций  $A$ ,  $\pi$ ,  $F$ ,  $l$ , предполагающее образование коинциденций для двух или более постоянных или изменчивых факторов, позволяет рекомендовать приведение к уровню интеграции для решения таких задач проектирования:

недопущение факторных накладок внешних влияний;

определение компоновочных схем несложных ЭС и подсистем.

Приведем примеры, которые иллюстрируют применения условий интеграции.

**Задача 5.1.** *Повышение качества работы при однообразном, монотонном характере труда.*

*Постановка.* Такая проблема имела место в свое время на Пермском радиозаводе [223]. Было констатировано, что монотонность и малосодержательность труда ведут к потере производительности и возрастанию брака; в то же время были исчерпаны возможности технологических изменений характера труда – т.е. компенсации за счет однородных факторов.

*Решение.* В этой ситуации эргономистами завода было предложено такое решение - использовать функциональную музыку (неоднородный фактор), включив ее в «технологический» процесс.

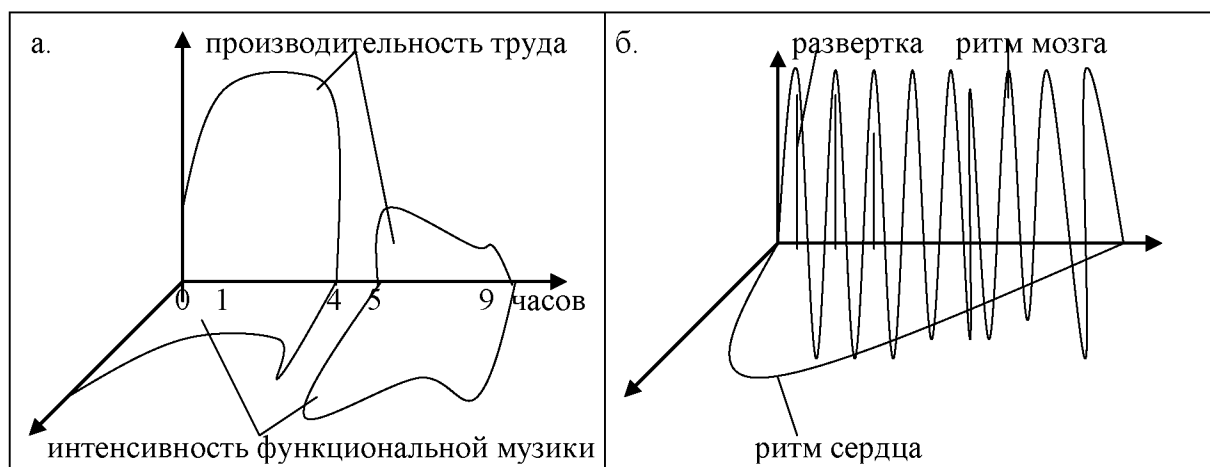


Рис. 5.1. Использование коинцидентности для стабилизации работы операторов

1. Построение графика изменения качества труда,<sup>2</sup> в зависимости от времени изменения. Используются данные непосредственных измерений; здесь показывается лишь качественный характер изменений. Констатируем их волновую природу и определяем необходимые для осуществления коинцидентности характеристики.

2. Построение графика изменения интенсивности функциональной музыки. Вид графика определяется, исходя из правила 5.3.- условия реализации коинцидентности требуют сдвига графика 2 относительно графика 1 на  $1/4 T$ , при согласованности их периодов и амплитуд.

3. Определение оптимизационных мероприятий. Для компенсации периодов втягивания и нарастания усталости необходимым является усиленное, но сравнительно короткое воздействие, тогда как для поддержания оптимальной трудоспособности - относительно слабое, но постоянное воздействие (рис.5.1а). В результате суммарный потенциал, двухкомпонентной волны, интерпретируемый как качество работы, остается на достаточно высоком постоянном уровне. К такого же вывода, после осуществления кропотливой экспериментальной работы, пришли и специалисты завода - в первом случае использовались марши, эстрадные песни и танцевальная музыка с соответствующей тональной и звуковой акцентацией, в втором - лирические произведения, народные и спортивные песни. Применение правила 5.3. позволяет перейти от метода «проб и ошибок» к планомерной проверке предсказаний теории, что значительно эффективнее.

*Комментарий.* Вследствие применения функциональной музыки производительность труда увеличилась на 1-3%, брак снизился на 1-7%; были также сокращены внутрисменные простои и констатировано повышение культурного уровня рабочих и служащих [223,с.5]. Исчерпывают ли достиг-

<sup>2</sup> Включая показатели производительности, отсутствия брака и т.д.

нутые показатели возможности этого средства? Как спрогнозировать возможную эффективность компенсирующих мероприятий? В параграфе 7.4. будет показано, как провести соответствующие расчеты.

Рассмотрим пример, предполагающий введение количественных оценок.

**Задача 5.2.** *Поддержка стабильной работы оператора, использующего дисплей в качестве устройства отображение информации.*

Задача комплексной защиты оператора от излучения монитора является достаточно сложной, поскольку необходим учет ряда факторов - ультрафиолетовых и рентгеновских излучений, статических и изменяемых магнитных и электрических полей и т.д. - которые нарушают нормальное функционирование нервной, сердечно-сосудистой, иммунной и других систем жизнедеятельности. Несмотря на совершенствование методик защиты, нельзя считать, что проблема целиком снята. В связи с этим выдвигаются дискуссионные гипотезы о наличии иных неблагоприятных факторов, например, так называемого торсионного поля.

*Постановка.* Не рассматривая проблему в целом, обратим внимание на такое обстоятельство. Устойчивой умственной работе при высоком уровне сосредоточенности соответствует ( $\beta$ -ритм коры головного мозга частотой 14-35 Гц и частота ритма сердца 90-100 уд./мин). Частота же развертки современных дисплеев - 70-90 Гц - значительно больше, что постепенно приводит к сбоям этих ритмов и, как следствие, к нестабильности работы оператора. Механизм сбоя соответствует схеме Введенского - мышечная, вегетативная и нервная система невольно воспроизводят внешний ритм. Следовательно, необходимо компенсировать эти нарушения.

*Решение.*

1. Необходимая компенсация определяется, исходя из известной зависимости - спокойному состоянию оператора соответствует зеленый цвет, частота волн которого - 5,4-6·10<sup>14</sup> Гц - также отличная от ритмов мозга и сердца. Поэтому для построения коинциденции необходимо осуществить двойную модуляцию соответственно рис. 5.1б.

2. Простой технической реализацией будет использование окошка зеленого цвета, яркость которого изменяется с частотой  $\beta$ - ритма, а размеры - с частотой сердечного ритма. Здесь также действует схема Введенского, плюс механизмы авторегуляции, из-за чего подсвечивать такое окно следует не постоянно, а время от времени, причем, в зависимости от выполняемых операций (простые, сложные, требующие сосредоточенности, и тому подобные), частоты должны изменяться. Таким образом, это средство не только компенсации сбоя физиологических ритмов, но и управления состоянием оператора, «настройка» его на труд с соответствующей интенсивностью.

*Комментарий.* Отметим, что для практического применения рекомендации надлежит продлить анализ - необходим учет порогов чувствительности, эффекта наложения различных цветов, экспериментальные проверки, и т. П., что уже выходит из границ моделирования.

Проведем **формализацию условий целостности**. Рассмотрим те варианты из табл. 3.7., которые соответствуют возможным организациям ЭС.

1. В зависимости от состава С и О имеем:

1.1. **Один С взаимодействует с одним О**. В этом случае актуальная размерность (га) первого слоя равно единице. Условия целостности выразятся схемой

$$\begin{array}{ccc}
 \square_2^+ & \longleftrightarrow & \square_2^- \\
 \updownarrow & \swarrow \quad \searrow & \updownarrow \\
 & \square_1^+ \xrightarrow{I} \square_1^- & \\
 \updownarrow & \swarrow \quad \searrow & \updownarrow \\
 \square_2^+ & \longleftrightarrow & \square_2^{-2}
 \end{array}
 \tag{5.1}$$

а распределение потенциалов формулой (3.8).

1.2. **Один С взаимодействует с множеством  $\{O\}_{i+n}$** . Здесь га 1-го слоя меньше или равно  $i+n$ , а условия целостности выражаются схемой

$$\begin{array}{l}
 \rightarrow \{(C, \square_{k1A}, O_1) \dots (C, \square_{kb}, O_l)\} \\
 C^* \rightarrow CP \rightarrow \dots \\
 \rightarrow \{(C, \square_{m1A}, O_1) \dots (C, \square_{mn}A, O_{i+n})\},
 \end{array}
 \tag{5.2}$$

где индексы k, m и l, n означают количество слоев и элементов слоев, необходимых для образования  $1+\dots=i+n$  объектов, которые принимают участие во взаимодействии;

A - модальность актуального существования множеств и элементов Сп;

$C^*$  - С- граф, который соответствует сценарию расслоения для данного варианта;

CP - представление сценария в виде совокупности С- графов, которые соответствуют взаимодействию С с каждым из О.

1.3. **Взаимодействие множества  $\{C\}_m$  с одним О**. га первого слоя меньше или равно m, условия целостности аналогичны (5.2).

1.4. **Взаимодействие множества  $\{C\}_j$  из множеством  $\{O\}_{z+w}$** . га первого слоя меньше или равно  $J^* (z+w)$ , условия целостности выражаются как

$$\begin{array}{l}
 \rightarrow \{(C_1, \square_{k1A}, O_1) \dots \} \dots \{ \dots (C_l, \square_{mn}, O_{i+n}) \} \\
 C^{**} \rightarrow CP \rightarrow \dots \\
 \rightarrow \{(C_j, \square_{xy}, O_y) \dots \} \dots \{ \dots (C_j, \square_{vw}, O_{z+w}) \},
 \end{array}
 \tag{5.3}$$

где количество С равно j, количество О - z+w;

смысл других индексов - такой же, как для (5.2);

$C^{**}$  - С- граф, соответствующий данному варианту;

CP - представление сценария в виде совокупности C- графов, которые соответствуют взаимодействию каждого из C со всеми O.

2. В зависимости от компенсации потерь потенциала:

2.1. **Отсутствие компенсации.** Здесь количества элементов в слоях соответствуют числам Фибоначчи, а распределение потенциалов рассчитывается согласно (3.8).

2.2. **Частичная компенсация.** Количество элементов в слоях увеличивается; число «избыточных» элементов  $\Delta_{ni}$  может быть произвольным; оно определяется соответственно (3.28) и округляется к целому числу.

2.3. **Полная компенсация.** Как количества элементов, так и их потенциалы в последующих слоях по сравнению с текущим слоем не изменяются.

2.4. **Избыточная компенсация.** Количество элементов в слоях уменьшается; оно может быть произвольным; для каждого конкретного случая оно рассчитывается аналогично варианту 2.2.

Обобщая характеристики сценариев расслоения-свертки 1.1.-2.4. , имеем такое положение

**5.4.** *Условиями целостности открытых систем, включающих неоднородные компоненты, является выполнение (5.1-5.3); системы характеризуются наличием симметрии, закономерным распределением потенциалов и количеств элементов в зависимости от состава и характера влияния внешних факторов.*

## 5.2. Оптимизация компоновки ЭС

Бинарным комбинациям вариантов 1.1.-1.4. и 2.1.-2.4. соответствуют разнообразные сценарии расслоения-свертки C- пространства, которые описывают ход его самоорганизации. Положим их в основу схем компоновки систем отображения информации и управления. Необходимо выразить *отношения принадлежности, размерность, порядок симметрии, пропорции и размеры, наличие взаимодействий между компонентами.* Такие потребности соответствуют  $OM_1$  в виде C- графов и P3- диаграмм.

**Компоновка ЭС с одним оператором и одной системой управления** (сценарий 1 с учетом условий 2). Распределение элементов в слоях будет соответствовать рис. 5.2 , то есть количество элементов слоя  $n$  равно числу Фибоначчи с номером  $i$  (для 2.3. C- граф будет включать фрагменты, подобные показанным на рис. 5.3; для 2.2. и 2.4. число избыточных или «отсутствующих» элементов определяется в соответствии с (3.28)). Для слоев с одинаковыми номерами субъектной ( $Sp^+$ ) и объектной ( $Sp^-$ ) половин C- пространства количество элементов является одинаковым. Расслоение может происходить с образованием только параллельных, параллельных и перпендикулярных или только перпендикулярных элементов. Для каждого из этих случаев порядок симметрии и размерность определяются согласно свойству 3.10. и утверждениями 3.6.-3.9. Характеристики элементов согласованы в пределах одного слоя или между различными слоями одной ветви. Распределение потенциалов между слоями и элементами определяется соответственно (3.8); для

случая 2.2. потенциалы слоев и элементов текущих и следующих слоев равны. В первом случае характеристики элементов разнообъемны (утверждение 3.5. и его следствие 1), во втором - нет. Для изображения соответствующих О применяются конструктивные схемы, описанные в 4.3.

Прежде чем сформулировать рекомендации, которые отсюда следуют, убедимся, что охарактеризованные сценарии не просто «открыты на конце пера», а действительно имеют место в системах биологической и неорганической природы.

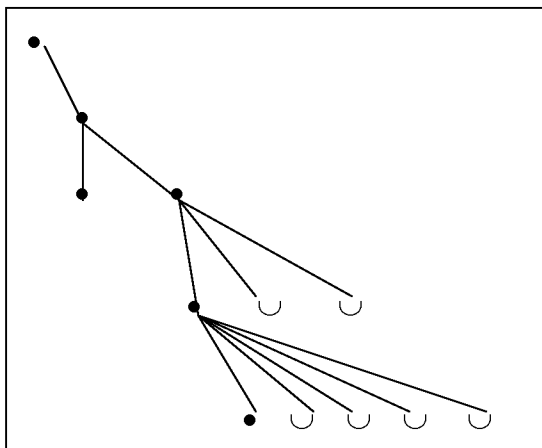


Рис. 5.2. Компоновка по сценарию 1

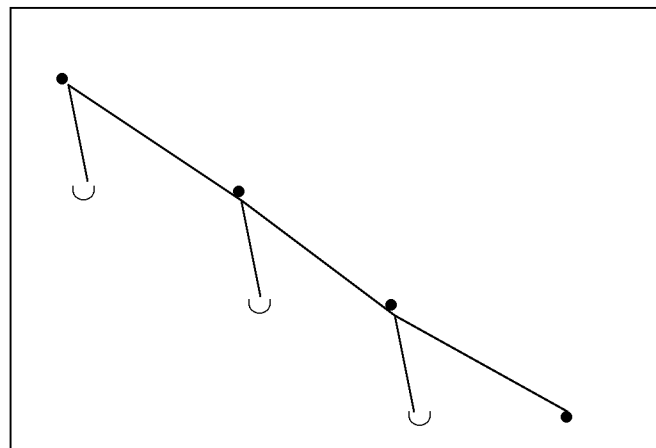


Рис. 5.3. Организация при полной компенсации потерь потенциала

#### ***Соответствие количества компонентов числам Фибоначчи.***

1. Число лучей разнообразных видов морских звезд тяготеет к числам 5, 8, 13, 21, 34, 55, что соответствует 5-10 числам ряда [41,с.105]; периоды обращения планет Солнечной системы равны 88, 224,7, 365,3, 687,1, 4333,2 ... 91544,2 суткам и близки к 11 (89), 13 (233), 14 (377), 15 (610), 19 (4181) ит.д., вплоть до 26-го чисел ряда [249,с.92]. Это свидетельствует о *преимуществе чисел Фибоначчи для количеств компонентов.*

2. Тело черепахи делится на две части: корпус и хвост; корпус - на три: голову, грудь, брюхо, разбитое на 5 сегментов; хвост состоит из 8 частей [41,с.109]. Панцирь черепахи состоит из овального поля (5 пластин в центре и 8 по краям, всего - 13) и периферийной каймы (21 пластина) [41,с.110]. Рост ветвей сосны зачастую происходит с ежегодным повторением такой схемы: одна главная ветвь и 4-5 периферийных. Примеры показывают *группировку элементов в соответствии со схемой на рис. 5.2.*

3. Увеличение количества видов в ходе эволюции (12 тыс. видов растений в девонском периоде, 27 тыс. в каменноугольном, 43 тыс. в пермском и триасовом, 60 тыс. в юрском и т.д.; принимая за единицу число видов в девонском периоде, получаем ряд чисел, тяготеющий к ряду Фибоначчи) [41,с.128]. Это подтверждает *направленность самоорганизации систем согласно сценариям расслоения Сп.*

#### ***Группы симметрии и размерность.***

5. Симметрична (относительно черноземов) толщина грунтового покрова по линии север - юг (отношение толщин слоев соответствуют числам Фибоначчи) [41,с.120]. Симметричны относительно отражения всех пространственных и временной оси и зарядового соответствия (так называемая СРТ- симметрия) физические законы природы [266,т.4,с.506]. Симметричны цветки и листья растений. Следовательно, *наличие различных групп симметрии является одним из принципов организации систем.*

2. В то же время, «правая» и «левая» части тела животных часто выполняют различные функции (например, правое и левое полушария мозга человека). Опосредствованно по-

добные факты можно разглядывать, как *проявление именно косо́й симметрии*. В биологических организмах наблюдается неравнозначность «правых» и «левых» спиралей молекул (например, молекулы ДНК только правые) - хотя теоретически оба типа имеют равную вероятность реализации. Этот отбор *является подобным отбору солитонов одного «знака» при формировании  $Sp^+$*  так, как это описано в 3-ей главе.

3. Количество групп симметрии в системе не всегда равно ее размерности - количество сингоний (наборов плоскостей и осей симметрии) кристаллов (7) больше их размерности (3) [41,с.118-119]. Это же относится к порядку симметрии - для морских звезд он может достигать 55 при «двумерном» плане лучей. Это указывает на *более частую реализацию смешанного, с образованием и параллельных, и перпендикулярных элементов, сценария развертки*. Некоторые авторы [144,214,261] признают наличие пентагональной симметрии (рис. 5.4а, [144,с. 70]) признаком именно биологических систем.

### ***Симметрия и эволюция.***

1. В системах, которые эволюционируют (биологические сообщества, отдельные особи), наблюдаются нарушения симметрии как в пространстве, так и во времени [262]. При этом сохраняется целостность систем. Это *соответствует расслоению согласно графу на рис. 5.2*.

2. Типовой является спиралевидная форма структур открытых систем в термодинамически неуравновешенной среде (ДНК и РНК, ракушки (рис. 5.4б [144,с. 68]) вихреподобные структуры, галактики, и тому подобное). Это допустимо интерпретировать, как комбинацию *увеличения  $S$ - множеств (состояние  $\uparrow$ ) и вращения их  $S$ - элементов (свойство 3.12.)* в ходе расслоения  $S$ - пространства. Считается, что для биологических систем, в отличие от неорганических, более характерны спирали, основанные на характеристике  $\Phi$  или производных от него [144,с. 68-69] (пример построения одной из таких спиралей приведен на рис. 5.4в), тем не менее это правило не является абсолютным - так, в [208] ДНК рассматривается как тетраэдральная структура, построенная на основе некоторых групп Е.С. Федорова, введенных, как известно, для исследования организации кристаллов, то есть неорганических объектов [23,т.1. с.24-38]. Возможно, в последнем примере как раз зафиксирован момент эволюционного прыжка от неорганического вещества к биологическим структурам.

### ***Распределения потенциалов.***

1. Так называемые вурфовы пропорции размеров костей опорно-двигательного аппарата животных соответствуют  $\Phi$  [41,с.112;144]. Это *подтверждает распределение потенциалов между слоями и элементами систем согласно (3.8)*.

2. Геологическая история Земли сопровождается увеличением тектонической активности и, соответственно, сокращением периодов осадконакопления. При соответствующей обработке временные границы этих периодов сводятся к числам Фибоначчи, развернутым *«из настоящего в прошлое», «геологическое время планеты непрерывно уплотнялось»* [41,с.128-129]. Эффект *сокращения единицы измерения времени для каждого с слоев  $Sp$  также предсказывается теорией (свойства 3.6-3.9); относительное время существования слоя косвенно связано с его потенциалом (3.12)*.

3. Наличие «золотых сечений», характеризующее, по данным Г.В. Церетели, Е.К. Розенова, С.М. Ейзенштейна, Л. Н. Сабанеева, М.А. Марутаева, кульминационные моменты литературных и музыкальных произведений, их ритмику и тональность [41,с.189-213,144,с.157-191], подчеркивает еще один аспект распределения потенциалов по слоям - *изменение качественного характера свойств* (до кульминации действие развивается за нарастающей, после - по нисходящей). Характерно, что для тех сценариев, где потенциал смежных слоев одинаков (рост ветвей деревьев хвойных пород) не происходит качественного изменения природы их элементов.



а.

в.

б.

Рис. 5.4. Пентагональная симметрия и спирали в биологических структурах

Для правильного понимания приведенных примеров (см. также дальнейшие материалы этой главы), необходимы следующие замечания.

Обобщая подобные примеры, Е.М. Сороко пришел к выводу: «*Структурная гармония систем природы, то есть гармония их внутреннего строения, подчиняется строгому, математическому закону ... состояниям систем объективного мира соответствуют особые числа, называемые обобщенными золотыми сечениями. Эти числа - инварианты...*» [249, с. 243]. Подобные же выводы делались и для симметрии [214, 261, 308]. Но, как прогнозирует теория самоорганизации С-пространства (глава 3) и как свидетельствуют приведенные примеры, это не единственные факторы целостности, и для верного отражения этого качества необходимо учитывать их все.

Вместе с тем, относиться к этим выводам надлежит с некоторой осторожностью, поскольку они справедливы не в 100% случаев. Так, исследования Фехнера (см. также [299]), некоторые из результатов которых приведены в 4.1., свидетельствуют что отношения типа золотого сечения воспринимаются как оптимальные относительно, а не абсолютным большинством людей.

Таким образом, имеем два положения: 1) возможность использования сценария 1 с условием 2 как основы компоновки ЭС подтверждается примерами организации природных систем; 2) необходимо проводить соответствующий отбор операторов; исходя из данных Фехнера, прогнозируемое количество отобранных можно приблизительно оценить не более, чем как одну треть из числа кандидатов.

Теперь сформулируем **рекомендации**. Во многих работах [43, 97, 210, 277, 278, 286, 307, 312, 321] подчеркивается необходимость определения правильного распределения функций оператора и машины для стабильности функционирования ЭС. Общая схема этих связей приведена на рис. 5.5. [286, т.4, с.86; 283, с.7]; она интерпретируется как (5.1). Отсюда, при взаимодействии одного оператора с одной АСУ, оператор моделируется как  $Sp^+$ , оборудование - как  $Sp^-$ . Определенная отделенность  $Sp$  от  $C$  и  $O$  обес-

печивает замкнутость контура управления; в то же время система остается открытой относительно окружающей среды. Имеющаяся направленность и функции информационных потоков дают основания определять косую симметрию  $Sp^+$  и  $Sp^-$  как *функциональную симметрию* компонентов ЕС. В дальнейшем будем использовать именно этот термин. Имеем такую формализацию:

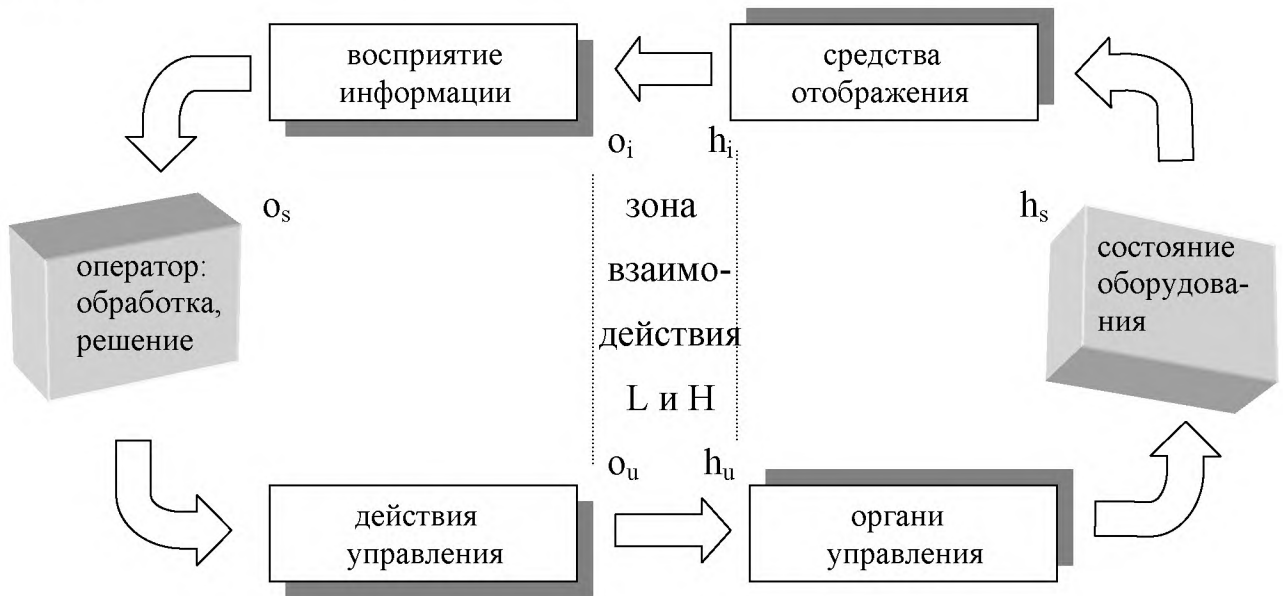


Рис. 5.5. Схема связей между человеческим и машинным компонентами ЭС

$$\begin{array}{ccc}
 o_i & \longleftrightarrow & h_i \\
 \updownarrow & \nearrow \swarrow & \updownarrow \\
 o_s & \xleftrightarrow{\text{ЭС}} & h_s \\
 \updownarrow & & \updownarrow \\
 o_u & \longleftrightarrow & h_u
 \end{array}
 \tag{5.4}$$

Отсюда вытекает необходимость придерживаться таких правил:

- 5.5.** Группировать элементы по слоям в соответствии с рис. 5.2;
- 5.6.** Определять количество групп и элементов в слоях соответственно числам ряда Фибоначчи;
- 5.7.** Использовать разнообразные группы симметрии для определения отношений между информационной и управляющей подсистемами ( $h_i, o_i; o_i, o_u; o_u, h_u; h_u, h_i$ ), устанавливать корреляции между порядком симметрии, определяющим размещение элементов в группе, номером слоя и числом Фибоначчи;
- 5.8.** Устанавливать системы пропорций зон размещения элементов компоновки, а также самих элементов соответственно расчетному распределению потенциалов;
- 5.9.** Определять абсолютные значения размеров и иных, связанных с потенциалами характеристик, путем калибровки по антропометрическим, биомеханическим и другим параметрам ([3,44,142,203,247,290,292]).

Таким образом определяется общий план компоновки системы. Он должен уточняться в процессе решения оптимизационной задачи, возникающей при учете технологических характеристик и по мере определения параметров информационной и управляющей подсистем. Приведем **примеры, которые иллюстрируют использование данных рекомендаций.**

**Задача 5.3.** *Определение схемы компоновки пульту управления.*

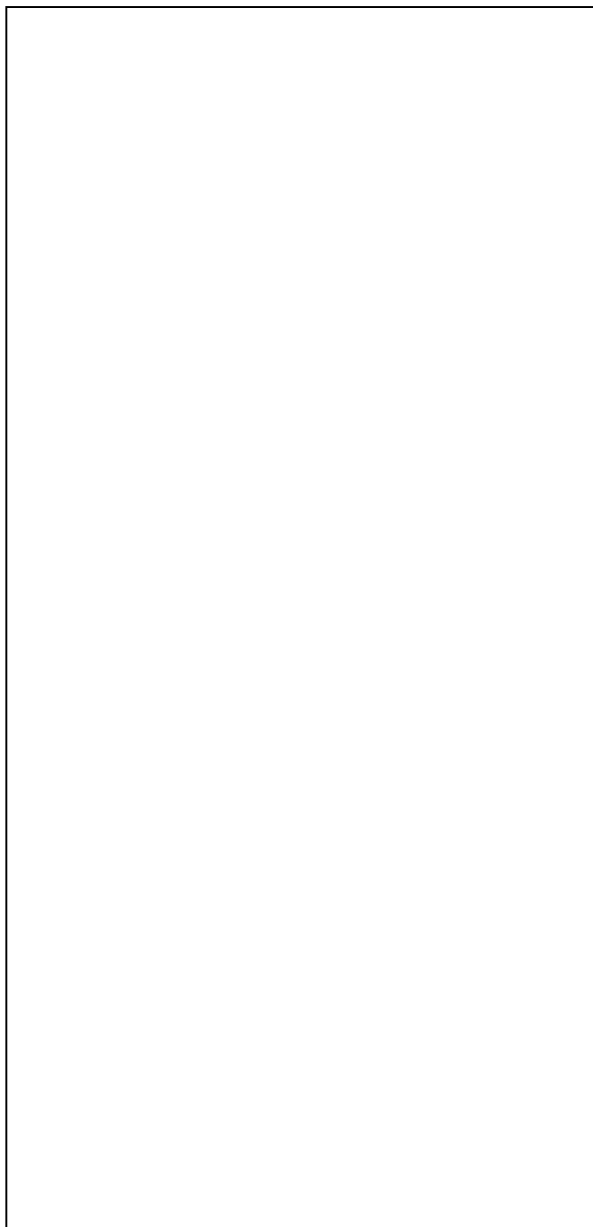


Рис. 5.6. Антропометрически обоснованные размеры пультов

*Постановка.* Процедура определения размеров пультов по антропометрическим критериям (рис.5.6., [144,с.296]) и характеристикам поля зрения [247,с.130-148] (эти данные приводятся в главе 8) хорошо известна, поэтому нет смысла сосредотачиваться здесь и в дальнейшем на этих вопросах. Соответствующие данные следует использовать для проведения калибровок и проверок.

Рассмотрим размещения приборов. Пусть, для определенности, на панели пульта необходимо разместить 15 стрелочных приборов и 15 переключателей. Это даст, даже если учитывать только размещение сразу всех приборов и переключателей,  $P=30!$  возможных вариантов, что исключает случайное угадывание самого лучшего. Однако, опытный проектировщик, руководствуясь интуицией или фиксированными правилами [286, т.5, гл. 5], сумеет найти лучший вариант. В первом случае ему будет сложно обосновать решения, во втором - следование правилам может оказаться очень трудоемким, так как приходится решать задачу большой размерности путем перебора. Покажем, как устранить эти недостатки.

*Решение.*

5. Условие совместимости (используем интеграцию, рис. 5.5) определится как:

$$\begin{array}{ccc}
 o_i & \longleftrightarrow & h_i \\
 \nearrow & & \nwarrow \\
 o_s & & h_s \\
 \downarrow & & \downarrow \\
 o_u & \longleftrightarrow & h_u
 \end{array} \tag{5.5}$$

где смысл  $o_i, o_s, o_u, h_i, h_s, h_u$  определяется из рис.5.5.:

$\rightarrow$  - обозначают отношения принадлежности;

$\leftrightarrow$  - обозначают отношения функциональной симметрии.

2. Количества групп и элементов определим, интерпретируя  $o_s$  и  $h_s$  как коинциденции С- множества первого слоя Сп, а  $o_i, o_u$  и  $h_i, h_u$  - как количества С- элементов следующих слоев при расслоении субъектной и объектной частей Сп. Тогда для всех слоев с одинаковыми номерами выполняется:

$$o_i = o_u = h_i = h_u, \tag{5.6}$$

а конкретное их значение для каждого слоя выбирается из первых чисел ряда Фибоначчи, так, чтобы сумма чисел соответствовала общему количеству размещаемых элементов. Следовательно, имеем соотношения структур и элементов, которые соответствуют С- графу ( $OM_1$ ), показанному на рис.5.2:

- 1-й слой - одна панель;
- 2-й слой - две группы (приборы и переключатели);
- 3-й слой - по три функциональной группы приборов и переключателей;
- 4-й слой - по пять элементов в каждой функциональной группе.

*Комментарий.* Таким образом, размещение происходит по простым и легкоформализуемым правилам; его результат тождествен интуитивному

решению. Это не случайно - как будет показан в 6.2., граф на рис. 5.2 моделирует также процесс формирования интуитивного образа.

**Задача 5.4.** *Определение пропорций зон размещения и элементов.*

*Постановка.* Продолжим решение задачи 5.3. Пусть, для простоты, формы зон размещения и элементов, а также их окраска будут одинаковыми. Это позволит считать потенциалы пропорциональными площадям и не вносить поправок на освещенность, цвет и т.д.<sup>3</sup>

*Решение.* Принимая размер большей стороны пульта равным 100 условным единицам, и исходя с схемы компоновки на рис. 5.2, наличия симметрии и расчетного распределения потенциалов по слоям и элементам, получим систему пропорций, показанную на рис. 5.7.

**Задача 5.5.** *Определение размеров элементов.*

*Постановка.* Переход от условных единиц к реальным осуществляется путем калибровки. Предположим, что в данном случае критическими являются:

- минимальный размер символов, необходимый для свободного чтения;
- минимальное расстояние между переключателями, которое препятствует случайному включению одного вместо другого.

*Решение.*

1. Данные для калибровки. Пусть минимальный размер символов - 3,5 мм (по условиям освещенности, контраста и т.д., как того требует их читаемость [285, 289]), расстояние между строками - 2 мм, максимальное количество строк сообщения - 20, допустимое расстояние между переключателями - 50 мм по горизонтали, их стандартные размеры - 40\*20 мм.

2. Определение и проверка размеров. Исходя из размеров максимальных сообщений, определяем размеры 1 у.о.=8.75 мм, и далее:

- информационных табло - 112\*70 мм;
- зон размещения - 145\*108 мм;
- пульта - 870\*540 мм.

Проверяем, выдерживаются ли допустимые расстояния между переключателями:  $40*5+50*4=400<540$  по ширине. Окончательное размещение показано на рис. 5.8. Вертикальную, горизонтальную или иную ориентацию пульта следует избирать в соответствии с рис. 5.6.

*Комментарий.* Отметим, что при решении подобных задач [27,26,43] возникает необходимость оптимизации по ряду разнородных критериев. Решение таких задач рассматривается в главе 7.

**Компоновка ЭС с одним оператором и несколькими системами управления** (сценарии 5.2. и 5.3. и условия 2). Рассмотрим такие варианты.

а. Отсутствуют взаимодействия между С- элементами и С- множествами (нет одинаковых характеристик для всех  $\{O\}_in$  (5.2.) или  $\{C\}_m$  (свойство

---

<sup>3</sup> В 7.3. будет показано, как учесть эти факторы.

1.3.)). Тогда расслоение происходит в соответствии с схемой на рис. 5.9а, а суммарное количество С- элементов N для всех j-тех слоев равно

$$N = r_a n, \quad (5.6)$$

где n - соответствующее число ряда Фибоначчи согласно (5.2).

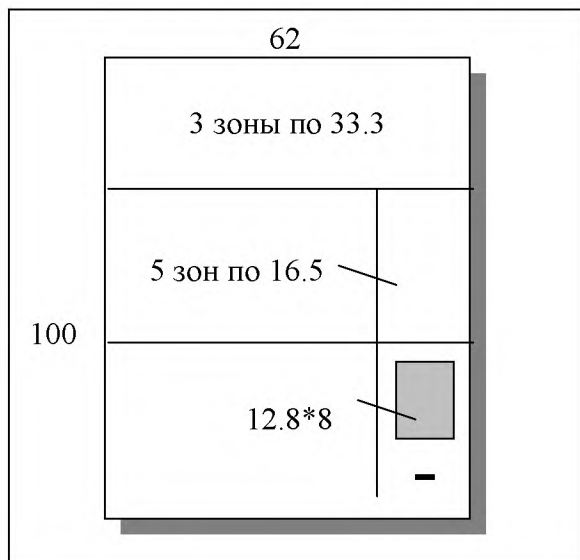


Рис. 5.7. Определение размеров зон размещения приборов

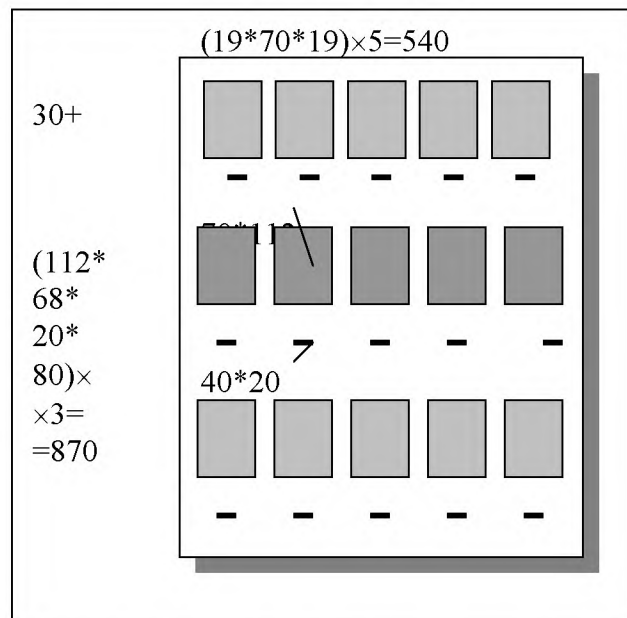


Рис. 5.8. Окончательное решение пульта

Размерность рассчитывается за числом перпендикулярных слоев. Количество групп симметрий и их порядок в общем случае не соответствует размерности. Распределение потенциалов рассчитывается по (3.8) с той Разницей, что на каждую «ветвь» графа приходится 1/га часть потенциала Sp. Влияние различных уровней компенсации на ход расслоения и соответствующие количества элементов аналогично рассмотренному выше.

б. С- элементы и С- множества взаимодействуют (некоторые характеристики С (или О) одинаковы). Здесь количество элементов не равно числам Фибоначчи, но является производной от них. Размерность, характеристики симметрии и влияние уровня компенсации определяются аналогично случаю а. Распределение потенциала выражается производными от (3.8) размерами. Топология С- графов и РС- диаграмм характеризуется наличием петель и циклов (рис. 5. 9б).

Приведем примеры организации систем по такими сценариям.

**Самоорганизация систем по нескольким внешним факторам.**

Регуляция внутренних органов и желез (сердца, коры надпочечных желез, легких и т.д.) и жизненных систем (пищеварительной, иммунной, кровеносной и т.д.) осуществляется с помощью двух или более систем (нервной, эндокринной, авторегуляции), соответственно количества и природе действующих факторов [265] (интерпретируются как {С} и {О}). Системы регуляции являются относительно независимыми (перпендикулярность «ветвей») и такими, которые имеют прямые и обратные связи (иерархия Sp и взаимодействия С- элементов и множеств).

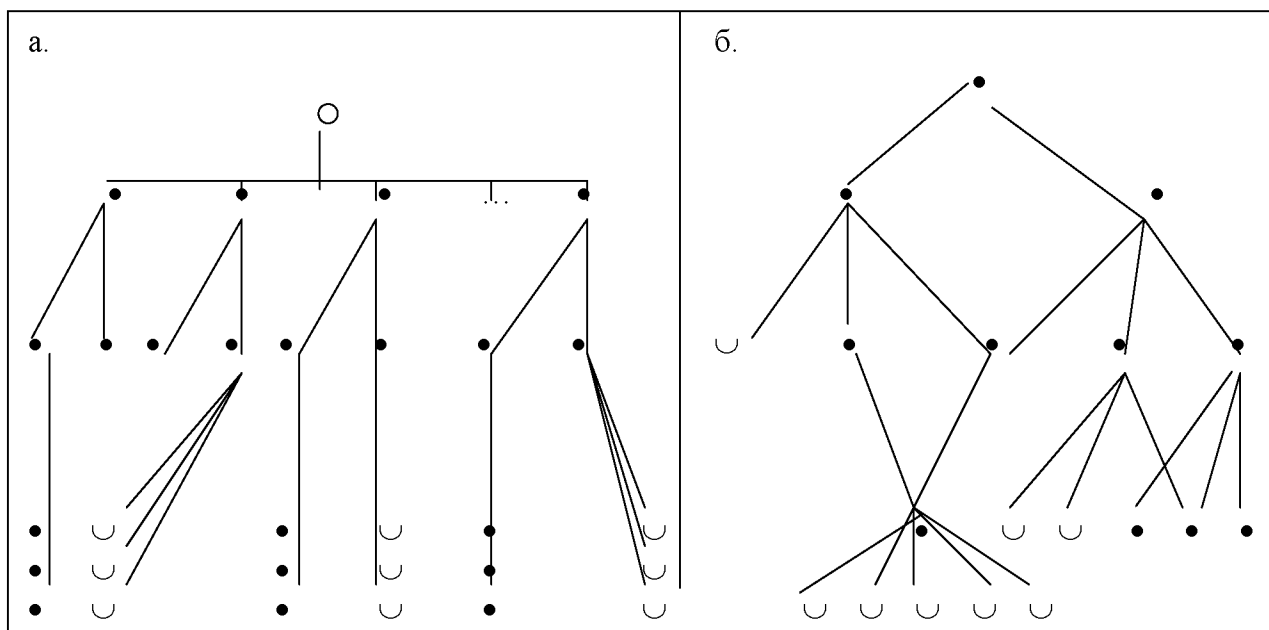


Рис. 5.9. Сценарии самоорганизации 5.2. и 5.3. при условии 2

**Количества и группировка компонентов.**

1. Количества электронов, заполняющих атомные орбиты, равно 2, 8, 28, 50, 82, 126. При делении на 6 они образуют ряд, близкий к числам Фибоначчи - 0,33; 1,33; 3,33; 4,67; 8,33; 13,67 [249,с.93].

2. Ломанные, которые описывают количества крайних цветков соцветий (Ф. Людвигом были исследованы 18573 цветка), для многих видов растений имеют два ряда основных максимумов: соответствующих числам Фибоначчи и делящих интервалы между этими числами в отношениях, близких к  $\Phi$  [41,с.91-93].

Наличие производных рядов, связанных с рядом Фибоначчи той или иной закономерностью, указывает на влияние на организацию системы нескольких различных по природе внешних факторов.

**Симметрия и размерность.**

В квантовых системах действует принцип Паули (две тождественные части с полуцелым спином не могут синхронно находиться в одном состоянии) [266,т.3,с.551]. Таким образом, закономерности распределения частиц (например, электроны в атомах) объясняются симметрией определенного вида. При этом порядок симметрии не равен размерности пространства.

**Распределение потенциалов.**

1. В [249] приводятся данные, которые свидетельствуют, что распределение газов в атмосфере Земли определяется «характеристикой чрезмерности», сводимой к «золотой пропорции».

2. Различные пропорции тела человека [41,с.143-153;144,с.83-96] и построенные на их основе каноны и системы архитектурных пропорций [47,144,164,257,291], связанные с числами, производными от  $\Phi$ . Это показывает, что для многофакторных систем распределение потенциалов основано на производных относительно золотого сечения закономерностях.

Интерпретируя (5.2) применительно к ЭС, будем трактовать схему как взаимодействие одного оператора с несколькими СУ, или коллектива опера-

торов с одной СУ. Исходя из характеристик сценариев самоорганизации Сп и приведенные примеры, определим следующие рекомендации:

**5.10.** *Группирование элементов, использование симметрии и распределений потенциалов, а также связанных и ними характеристик необходимо осуществлять в отдельности для каждой из подсистем; взаимодействующие С-элементы интерпретировать как дублируемые компоненты подсистем. Таким образом ликвидируются петли и циклы и упрощается топология системы.*

**5.11.** *Следует интерпретировать взаимодействующие С-элементы, как компоненты отдельной подсистемы, находящейся в иерархической связи с исходной. В этом случае сокращается число компонентов, но усложняется топология системы. Расчет количества элементов, потенциалов и иных характеристик нуждается во внесении поправок соответственно (3.16) и (5.6).*

**5.12.** *Для коллектива операторов целесообразно распределять функции их ответственности и подчинения, а также выделять части системы, являющиеся «зонами ответственности» каждого из них, сводя к возможному минимуму дублирования функций.*

**Задача 5.6.** *Компоновка системы регуляции сердечной деятельности.*

*Постановка.* Измерение параметров сердечной деятельности лежит во главе угла ряда методик оценки интенсивности труда [19]; *принципы и схемы регуляции могут использоваться для построения систем, основанных на закономерностях бионики.* Отсюда ясно важное прикладное значение задачи.

*Исходные данные.* На работу сердца влияют [19,265]: время суток, звук, свет, боль, раздражение слизистых оболочек и кожи, постукивание по желудку и кишечнику, волнение, страх, гнев, злость, радость, уменьшение или увеличение артериального давления, концентрация ионов калия и кальция, уровень адреналина, ацетилхолина и норадреналина, температура. Эти факторы действуют на симпатичные и блуждающие нервы спинного и продолговатого мозга, коры надпочечных желез или непосредственно на синусно-предсердный и предсеречно-желудочный узлы, мышцу сердца, правое предсердие, вызывая изменения ритма и величины кровяного давления.

*Решение.*

1. Группировка по природе факторов и характеру влияний приводит к схеме, показанной на рис. 5. 10а. Следовательно, имеем по 3 группы внешних и внутренних независимых факторов, интерпретируемых, как  $O_{1-3}$  и  $C_{1-3}$ .

2. Построение  $OM_1$ . Сердце, нервную и эндокринную системы интерпретируем как «ветви» Сп и изображаем с помощью С-графов. Положительные и отрицательные каналы регулирования соответствуют  $Sp^+$  и  $Sp^-$ . Топология графов определяется, исходя с данных о характере взаимных влияний. Тогда сердце рассматривается, как общая вершина ветвей С-графов; вес каждой из систем регулирования определяется, исходя из величины их потенциалов; авторегуляция объясняется необходимостью сохранения целостности. Модель показана на рис. 5. 10б.



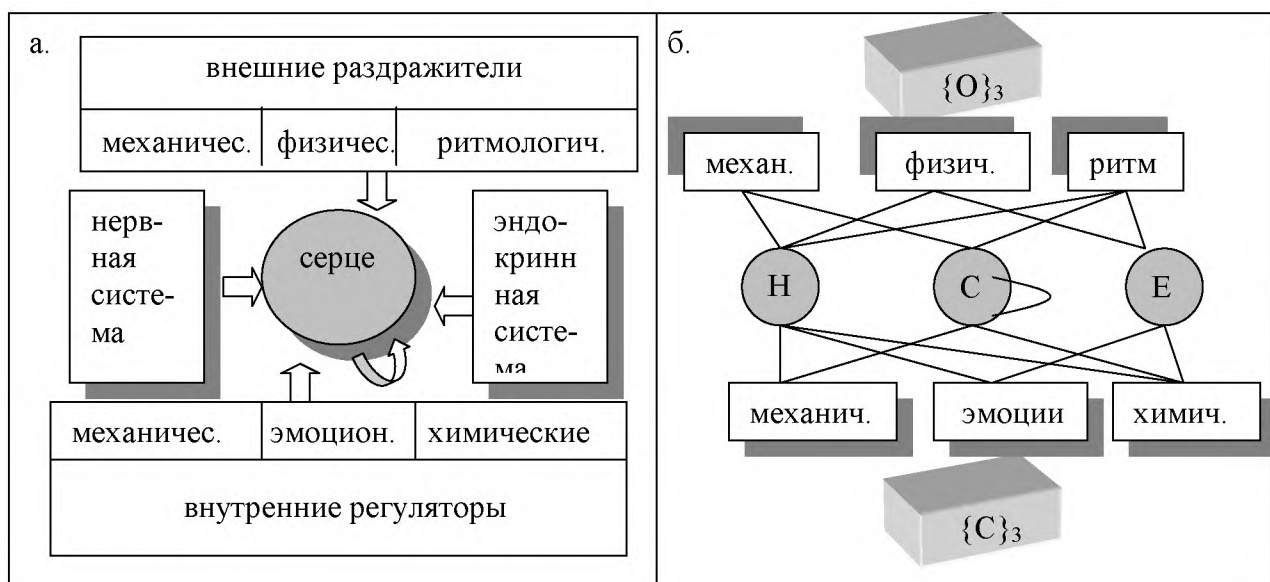


Рис. 5.10. Модель компоновки системы регуляции сердечной деятельности

*Комментарий.* Анализ физиологических данных, схемы и модели регуляции, учет модальностей состояния, позволяет сделать следующие выводы:

- количество и группировки компонентов систем регуляции тяготеют к первым числам ряда Фибоначчи (1, 2, 3);
- дублирование функций систем регулирования имеет свои нюансы - авторегуляция обеспечивает постоянство соотношения фаз напряжения и расслабления, нервная система действует быстро, эндокринная - медленнее, но дольше в сравнении с нервной; влияние происходит на разнообразные точки сердца;
- наличие многочисленных обратных связей в нервной и эндокринной системах и между ними интерпретируется как взаимодействия С-элементов и С-множеств соответственно их принадлежности слоям Сп;
- наблюдаются многочисленные примеры распределения количественных характеристик соответственно Ф или производных от ее величин. Так, по данным В.Д. Цветкова, соотношение систолического и диастолического давлений примерно равно 1,6, пульсовые давления находятся в соотношении 0,365: 0,664, отношение фаз активности миокарда к общей продолжительности сердечного цикла отражают последовательность чисел Фибоначчи 5, 8, 13, 21, 34 [41, с.166-169];
- наблюдается влияние недельных, сезонных и т.д. ритмов.

**Компоновка ЭС с несколькими операторами и системами управления** (сценарий 1.4. с учетом условий 2). Топология графа является сетевой. По этой причине, а также в результате возможной компенсации потерь потенциалов, количество элементов определить достаточно тяжело. Важное значение в организации расслоения-свертки имеют разнообразные группы

симметрии. Порядок симметрии не связан с размерностью. Распределение потенциалов проявляет связь с  $\Phi$ ; она, тем не менее, достаточно отдаленная. Приведем несколько примеров.

***Организация систем по принципу сети.***

Так организованы лимфатическая, кровеносная, нервная системы; одно из устройств, моделирующих распознавание образов - перцептрон. Отметим такие особенности: наличие двух типов элементов; функциональные отличия разнообразных групп элементов. Это коррелирует с наличием *волн и солитонив и распределением элементов по слоям.*

***Симметрия как один из принципов организации.***

В перечисленных системах симметричны «права» и «левая» части; градиенты возбуждения и торможения, элементы как волновой, так и солитонной природы. Имеют место нарушения симметрии, а также функциональная симметрия компонентов. Связь *размерности системы с порядком симметрии и числом групп симметрии прослеживается не всегда.*

Симметрия рассматривается как один из принципов организации сложных систем в литературе по синергетики и общей теории систем [261,274].

***Закономерности распределения потенциалов.***

Насчитывают пять ритмов колебаний мозга (об их соответствии состояниям сознания - см. 6.2.). Соотношение частот колебаний соответствует инвариантам «золотой пропорции». Тем не менее, имеет место и иная закономерность - средние геометрические частоты ритмов относятся одна к другой как 2:1 [41,с.171-172]. Этот факт характеризует *производный характер распределения потенциалов для систем сетевого типа и возможность проявления иных закономерностей, которые имеют отдаленную связь с распределением потенциалов слоев в соответствии с (5.3).*

Следовательно, указанные особенности этого варианта находят подтверждение в организации систем природы и техники.

Рассмотренный вариант имеет место, когда коллектив операторов взаимодействует с несколькими устройствами. Компоновка таких систем должна соответствовать следующим принципам:

**5.13.** *Разбивка системы на отдельные подсистемы, с каждой из которых работает только один оператор - такое приведение (5.3) к сумме (5.1) позволяет упростить топологию сети, сведя к минимуму число петель и циклов.*

**5.14.** *Распределение подсистем в иерархической системе, соответственно особенностям их функционирования.*

**5.15.** *Распределение операторов по иерархическим уровням, соответственно функциям подсистем, с которыми они работают.*

**5.16.** *Применение различных групп симметрии, как принципа композиции.*

**5.17.** *Использование закономерностей распределения потенциалов для определения размеров зон размещения элементов и самих элементов.*

**Задача 5.7.** *Определение независимых подсистем управления.*

Такая задача возникает при проектировании сложных ЭС с нечетко выделенными подсистемами, когда одна и та же информация характеризует несколько процессов, ход которых направляется несколькими операторами. Выделять ли для нее отдельную подсистему, относить ли к одной из нескольких подсистем, каким должно быть количество операторов и распределение обязанностей между ними? Ответ на подобные вопросы следует искать на основе рекомендаций 5.13.-5. 15.

*Постановка.* Рассмотрим определения независимых подсистем для подводной лодки. Необходимо организовать управления положением лодки в пространстве, работой силовой установки, системой ведения огня; поддержку связи с командным пунктом, а также системами жизнеобеспечения.

*Решение.*

1. Определение количества подсистем. Согласно рекомендации 5.13, выделяем подсистемы: обеспечение движения, ведение огня, контроля силового оборудования, связи, жизнеобеспечения. Информацию по нескольким процессам (например, глубина погружения важна для ориентации, ведения огня, жизнеобеспечения), дублируем для подсистем. Согласно рекомендации 5.14, устанавливаем контроль над ними с пульта командира, куда выводим индикаторы их функционирования.

2. Определение количества операторов. Количество групп операторов определяется согласно 1.4.; количество операторов для каждой из подсистем - соответственно сценарию, параметрам информационного обмена и требованиям надежности. Действие операторов осуществляются под контролем командира (рекомендация 5.15.). Структура системы управления примет вид, показанный на рис. 5.11.



Рис. 5.11. Определение количества независимых подсистем и количества обслуживающих их операторов

### 5.3 Модель технологической системы монолитного строительства

Прежде чем перейти к определению технологической системы монолитного строительства и построению его модели, рассмотрим особенности существующей технологии и выявим влияние на нее внешних факторов.

**Определение составляющих технологии производства монолитных железобетонных работ. Методика исследования** технологии возведения монолитных железобетонных конструкций (рис. 5.12) предусматривает выявление технологических составляющих и структурных элементов.

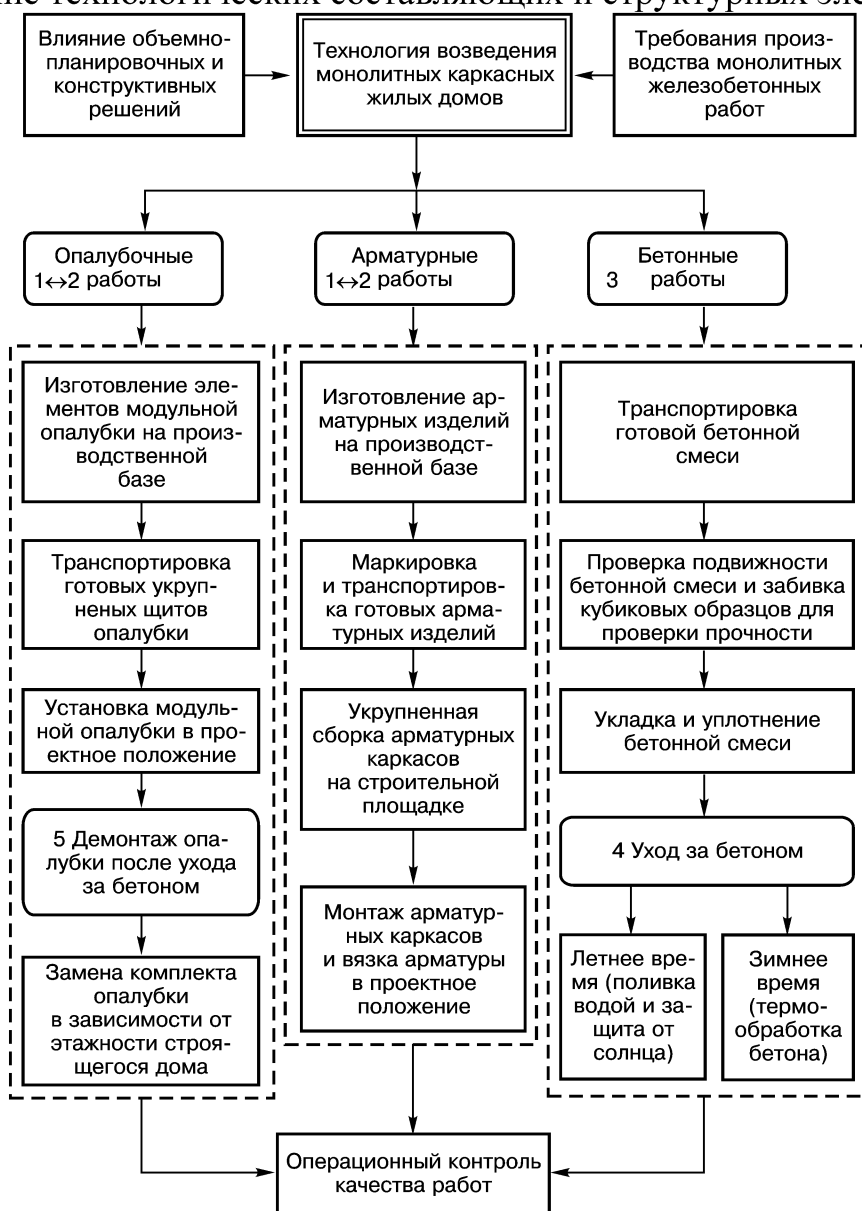


Рис.5.12. Технология возведения монолитных каркасных жилых домов

Для определения характеристик и параметров технологии целесообразно расчленить единый процесс на простые операции, описание которых не представляет затруднений. На этом этапе порядок расчленения зависит от исследуемого процесса, а полученная структурная схема технологии является

основной характеристикой системы. Далее определяются связи между составляющими структуры.

Затем выявляются внешние и внутренние факторы, влияющие на взаимодействие структурных элементов. Это позволяет оценить соответствие структуры ее задачам. Выявляемые факторы интерпретируются как независимые переменные, управляемые, однозначные, совместимые друг с другом, не связанные между собой корреляционными зависимостями и измеряемые с достаточно высокой степенью точности.

Выбирается форма представления полученных данных – структурная схема. Эта модель, в свою очередь, используется для построения модели технологической системы в виде графоаналитической модели. Вес каждого из факторов определяется методом экспертного опроса.

В результате исследований технологической структуры возведения монолитных железобетонных конструкций при строительстве каркасных высотных жилых зданий определяются составляющие производства работ, свойства, область применения и принципы их изменения для каждого метода при различных условиях. Эти данные позволяют для конкретных исходных данных находить наиболее рациональные решения.

Далее производится выявление принципов и признаков группирования, классификации и унификации технологических решений.

В процессе исследований необходимо учитывать объемно-планировочные и конструктивные решения возводимых зданий, от которых зависят технологические решения.

***Определение структуры и функций технологической системы.*** Возведение монолитных железобетонных конструкций является комплексным процессом, состоящим из основных и вспомогательных процессов. В их состав входят: транспортные, подготовительные, монтажно-укладочные процессы.

Транспортные и подготовительные процессы происходят в два этапа.

На первом этапе необходимые материалы – арматуру и элементы опалубки – транспортируют на производственную базу, где производят заготовку арматурных изделий и изготовление крупнощитовой опалубки. На втором этапе готовые изделия транспортируют на строительную площадку, где и выполняется вторая часть подготовительных процессов. К этой части относятся: проверка количества, размеров, маркировки и качества материалов, полуфабрикатов, арматурных заготовок, временное усиление арматурных изделий и, при необходимости, восстановление щитов опалубки, очистка и смазка поверхностей опалубки.

К монтажно-укладочным процессам относятся: геодезическая разбивка бетонируемых конструкций, подача и установка арматурных каркасов, армирование конструкции непосредственно в проектном положении, установка крупнощитовой опалубки, выверка и закрепление опалубки в проектном положении, подача, укладка и уплотнение бетонной смеси, уход за бетоном, распалубка опалубки и операционный контроль качества работ.

Характеристика параметров основных и вспомогательных процессов возведения монолитных железобетонных конструкций устанавливается, исходя из производственных условий.

Для раскрытия технологической структуры производства монолитных железобетонных работ проведем расчленение основных и вспомогательных комплексных процессов на специализированные процессы, которые, в свою очередь, разобьем на простые операции. После этого установим, выполняются они с помощью средств механизации или вручную. Одновременно определим процессы, которые выполняются на строительной площадке и производственной базе, установим, в зависимости от внешних и внутренних воздействий, связи, раскрывающие последовательность выполнения специализированных процессов, условия их организации, механизацию, управление и требования, предъявляемые к трудовым и материальным ресурсам [47,55,158].

Результат этих действий показан на рис. 5.13.

Как следует из анализа рис. 5.13, классическую модель Р.И.Фокова (глава 1, [216, 217]) следует видоизменить. Таким образом, *аналитическая часть* модели технологических решений примет вид:

$$TP = (OP, K, O, M, T, Y), \quad (5.7)$$

где  $TP$  – технологические решения;

$OP$  – объемно-планировочные решения;

$K$  – конструктивные решения;

$O$  – организационные решения;

$T$  – технологические решения процесса;

$M$  – механизация процесса;

$Y$  – оперативное управление процессами.

Объемно-планировочные решения определяются принятыми архитектурно-конструктивными особенностями возводимых зданий и включают множество возможных решений:

$$OP = (K_{on1}, K_{on2}, \dots, K_{om}), \quad (5.8)$$

где  $K_{on1}, K_{on2}, \dots, K_{om}$  – объемно-планировочные решения возводимого здания или групп зданий, например, секционные, блокированные и т. п.

Конструктивные решения монолитных каркасных жилых зданий определяются множеством принятых объемно-планировочных решений, с учетом ограничений и дополнительных требований, зависящих от способа производства работ. Множество возможных решений можно представить в виде:

$$K = (K_{k1}, K_{k2}, K_{k3}, \dots, K_{km}), \quad (5.9)$$

где  $K_{k1}, K_{k2}, \dots, K_{km}$  – конструктивные решения: балочные и

безбалочные плиты перекрытий, степень армирования, тонкостенные и массивные конструкции и т. п.

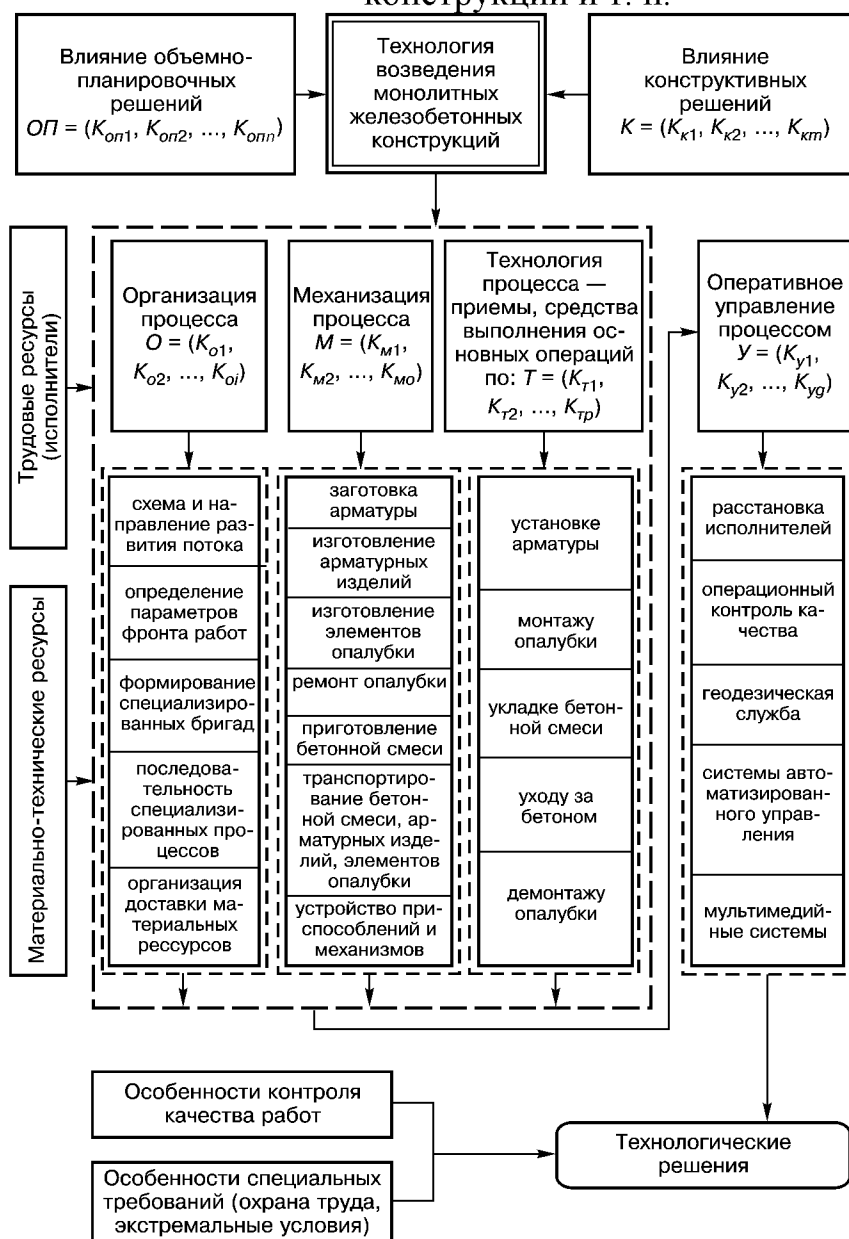


Рис. 5.13. Процессы при возведении монолитных железобетонных конструкций

Множество организационных решений представляется в виде:

$$O = (K_{o1}, K_{o2}, K_{o3}, \dots, K_{oi}, \dots, K_{ol}), \quad (5.10)$$

где  $K_{o1}, K_{o2}, \dots, K_{oi}, \dots, K_{ol}$  – возможные организационные решения, описывающие схему и направление развития потока, параметры фронта работ, инженерную подготовку производства, формирование бригад, обеспечение ресурсами и т. п.

Множество решений по механизации выполнения комплекса монолитных бетонных и железобетонных работ имеет вид:

$$M = (K_{M1}, K_{M2}, K_{M3}, \dots, K_{Mi}, \dots, K_{Mo}), \quad (5.11)$$

где  $K_{M1}, K_{M2}, \dots, K_{Mi}, \dots, K_{Mo}$  – решения по механизации заготовительных, транспортных, погрузочно-разгрузочных, монтажно-укладочных процессов.

Множество технологических решений по производству опалубочных, арматурных и бетонных работ при возведении высотных монолитных каркасных жилых зданий включает:

$$T = (K_{m1}, K_{m2}, K_{m3}, \dots, K_{mi}, \dots, K_{mp}), \quad (5.12)$$

где  $K_{m1}, K_{m2}, \dots, K_{mi}, \dots, K_{mp}$  – решения по технологии процесса (приемы, средства выполнения основных операций по: установке арматуры; монтажу опалубки; укладке бетонной смеси; уходу за бетоном; демонтажу опалубки).

Решения по управлению технологическими процессами также составляют множество:

$$Y = (K_{y1}, K_{y2}, K_{y3}, \dots, K_{yi}, \dots, K_{yq}), \quad (5.13)$$

где  $K_{y1}, K_{y2}, \dots, K_{yq}$  – решения по управлению контролю качества, организации и расстановки специализированных бригад и рабочих.

С учетом диапазона изменения составляющих (5.8-5.13), технологические решения (5.7) можно развернуто выразить как:

$$TP = (K_{on1}, K_{on2}, \dots, K_{onn}, \\ K_{к1}, K_{к2}, \dots, K_{км}, \\ K_{M1}, K_{M2}, \dots, K_{Mo}, \\ K_{o1}, K_{o2}, \dots, K_{ob}, \\ K_{m1}, K_{m2}, \dots, K_{mp}, \\ K_{y1}, K_{y2}, \dots, K_{yq}) \quad (5.14)$$

Конкретизация влияния объемно планировочных и конструктивных решений выявляется посредством строительно-технологического анализа возводимых жилых зданий.

Строительно-технологический анализ заключается в том, что каждый строящийся объект расчленяется на автономные части (захватки) по всему фронту работ, каждая из которых затем исследуется с целью установления характеристик и параметров, влияющих на выбор метода возведения моно-



литных железобетонных конструкций. Цель анализа – выявление типовых и индивидуальных решений, обусловленных однотипностью монолитных железобетонных конструкций и захваток, где могут быть применены одинаковые методы производства работ, установлена последовательность их осуществления, а также зависимости и влияние отдельных проектных решений на формирование разных вариантов производства работ.

Параметрами объемно-планировочных и конструктивных решений, влияющими на выбор метода возведения монолитных каркасных жилых зданий и средств механизации являются:

- габариты строящегося объекта;
- высота этажа (яруса) и размеры захватки в плане;
- величина территории, на которой строится жилой дом;
- размеры и масса арматурных каркасов, опалубок, бабьи с бетонной смесью;
- высота подъема и глубина подачи отдельных элементов;
- общее количество подаваемых элементов и их распределение по этажам (ярусам);
- объемы работ по всему зданию и отдельным захваткам;
- различные системы инженерных сооружений.

Установленная в результате анализа классификация влияющих факторов, характеристики и «адреса» их воздействия приведены на рис. 5.14.

Важную роль играет уровень технологичности производства монолитных железобетонных работ.

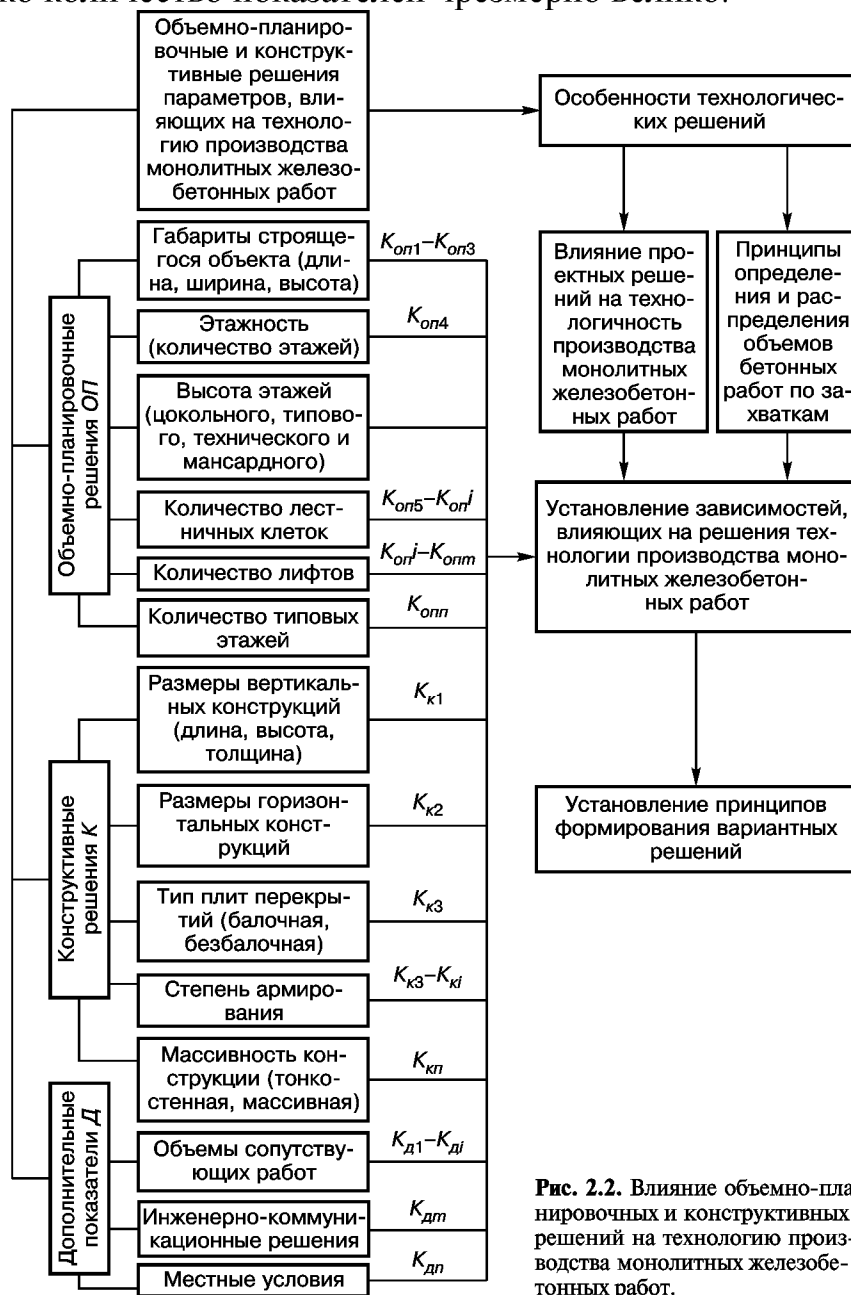
**Определение 5.1.** *Технологичностью называется обобщенное качество возведения монолитных железобетонных конструкций, позволяющее производить монолитные железобетонные работы с наименьшими затратами труда, материалов, финансовых средств, в соответствии с требованиями технологии, в короткие сроки и с высоким качеством.*

Технологичность определяется на стадии архитектурного и конструктивного проектирования, поскольку определяемые параметры возведения монолитных каркасных высотных жилых зданий влияют на средства механизации и методы производства монолитных железобетонных работ и требует их учета при разработке вариантов строительства.

Уровень технологичности производства монолитных железобетонных работ определяется на каждой стадии организации работ отдельно. Он должен быть взаимосвязан с уровнем технологичности на других стадиях, так как объемно-планировочные и конструктивные решения могут быть технологичными на одной стадии и нетехнологичными на другой. Поэтому различают технологичность объемно-планировочных и конструктивных решений при изготовлении арматурных изделий и крупнощитовых опалубок, транспортировании и монтажно-укладочных работах.

На стадии проектирования необходимо учитывать технологичность производства монолитных железобетонных работ по многим показателям,

что позволяет выявить преимущества одних методов и недостатки других. Однако количество показателей чрезмерно велико.



**Рис. 2.2.** Влияние объемно-планировочных и конструктивных решений на технологию производства монолитных железобетонных работ.

**Рис. 5.14**

Поэтому для оценки технологичности возведения монолитных железобетонных работ выбирают те из них, которые в наибольшей степени отражают соответствие объемно-планировочных и конструктивных решений требованиям производства монолитных железобетонных работ. Показатели, определяющие уровень технологичности возведения монолитных каркасных жилых зданий учитывается на стадии технического проектирования, когда возможно влиять на объемно-планировочные и конструктивные решения, а оставшаяся их часть – при разработке рабочей документации.

Повышение уровня технологичности возведения монолитных каркасных жилых зданий является одним из основных факторов развития технологии производства монолитных железобетонных работ с применением укруп-

ненных арматурных изделий и заготовок, изготовленных на производственной базе, а также с оснасткой крупнощитовой модульной опалубочной системой, что повышает производительность труда, сокращает объемы ручных работ на строительной площадке и общие сроки монолитных работ.

В зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений, определяют параметры фронта работ. По этим параметрам распределяют объемы монолитных железобетонных работ и устанавливают объем комплекта опалубки. При вычислении размеров захваток учитывают технологические особенности и конструктивные характеристики возводимых зданий.

При строительстве крупных жилых комплексов в проекте организации строительства предусматриваются этапы и очередность возведения отдельных зданий, которые являются исходными данными для разработки ППР.

Разбивку на захватки, в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений, выполняют на стадии разработки ППР так, чтобы размеры каждой захватки позволяли повысить производительность, уменьшить объем комплекта опалубки, обеспечить выпуск готовой продукции.

При определении границ захваток необходимо учитывать направление развития фронта работ. Правильный выбор направления позволяет определить оптимальные параметры технологической зоны на строительной площадке и ее составляющих: зоны разгрузки, складирования, сборки арматурных каркасов, подачи бетонной смеси, смежных работ, рабочей и опасной зон. Направление развития фронта работ в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений, по отношению к расположению горизонтальных осей объекта, может быть продольным, поперечным, диагональным (при демонтаже горизонтальной опалубки) и комбинированным; по отношению к пространственным координатам – горизонтальным, вертикальным и комбинированным.

Продольное направление развития фронта работ целесообразно применять при возведении монолитных железобетонных конструкций в секционных малоэтажных жилых зданиях, а поперечное – в блокированных многоэтажных жилых зданиях.

Вертикальное направление характерно для возведения высотных жилых зданий, имеющих в плане ограниченные размеры (точечные здания); горизонтальное – при возведении 1 – 2-х этажных жилых зданий.

Комбинированное направление развития фронта работ предусматривает сочетание вышеуказанных направлений. Оно наиболее эффективно, поскольку позволяет одновременно организовать специализированные работы на разных захватках, уменьшить объем комплекта опалубки, обеспечить высокую производительность труда и рационально использовать грузоподъемные механизмы.

Схемы направлений развития фронта работ при возведении монолитных железобетонных конструкций приведены на рис. 5.15.

**Построение модели.** Моделирование технологической системы как парадигматическая проблема. Задача совершенствования технологических

систем понимается как динамическая трансформация их структур и функций в соответствии с изменением целевой функции системы [170].

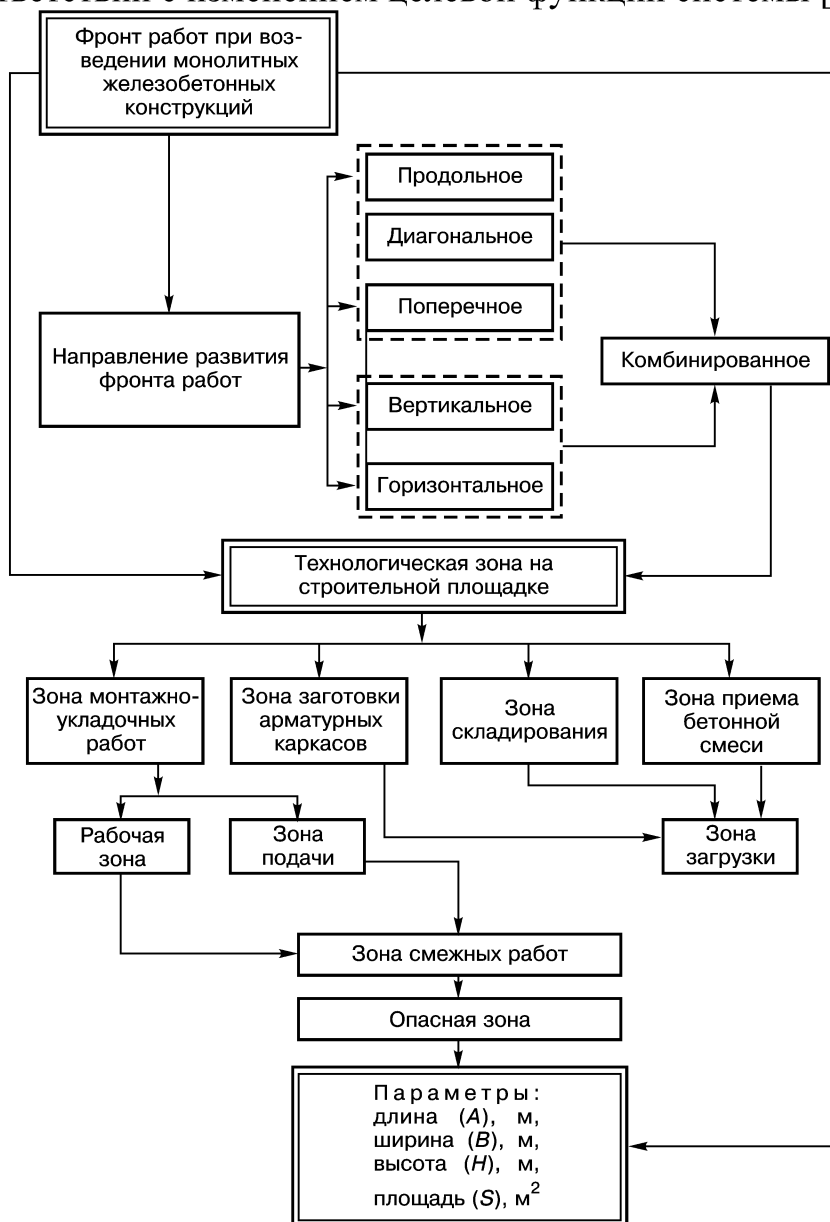


Рис. 5.15. Развитие фронта работ при возведении монолитных железобетонных конструкций

Формализуем эту задачу.

При традиционном понимании системы  $S=(O, R)$  как упорядоченной пары элементов  $O$  и отношений  $R$ , т. е. категории, множество возможных решений  $\{S\}$  является объектом, а любой морфизм  $F: S_i \rightarrow S_j$  – функтором. Все морфизмы  $\{S\}$  и функторы  $\{F\}$  также образуют категорию  $T$ . Задача состоит в отыскании функтора  $F$  из множества морфизмов категории  $T$  и такого объекта  $S$  из множества объектов категории  $T$ , для которых

$$\left\{ \begin{array}{l} F_j : S_i \rightarrow S_k \\ z(t) \rightarrow optz \end{array} \right. \quad (5.15)$$

где  $z(t)$  – изменяющаяся во времени целевая функция системы;  
 $optz$  – оптимальная величина  $z(t)$ , достигаемая в определенный момент времени.

Реально учитываются также различные ограничения  $A$  организации, функций и возможных преобразований системы.

Практически были опробованы разные стратегии таких трансформаций [105, 106, 113, 114]. Все они базировались на указанной парадигме. Как отмечалось в главе 1, индустриально-технологические системы строительства стран с плановой экономикой продемонстрировали высокую организованность и низкую адаптивность. Сокращение жизненного цикла организационно-управленческих решений в зарубежных фирмах с 12-15 лет в 60-е годы до менее чем 5 лет в настоящее время свидетельствует о высокой адаптивности, но и несовершенстве и нестабильности организации. Это показывает, что преодоление указанного противоречия возможно лишь после смены парадигмы, связанного с концептуально иным пониманием системы. Исследования сложных биологических и эргатических систем [135, 210] показывают, система способна оптимально выполнять свои функции в условиях изменяющейся окружающей среды только в том случае, если является открытой, целостной, изоморфной, самоорганизуемой. Целостность (эмерджентность), понимаемая как несводимость системы к ее составляющим (неаддитивность), как раз и не соответствует понятию множества, полностью определяемому своими элементами.

С учетом вышеизложенного, предложим новое определение технологической системы монолитного высотного жилищного строительства.

**Определение 5.2.** *Технологической системой монолитного строительства (ТС МС) называется открытая, целостная, изоморфная, самоорганизуемая система, обеспечивающая оптимальное проведение монолитных железобетонных работ при строительстве высотных жилых зданий соответственно внешним условиям.*

Явное указание на функцию достижения оптимальности, построение согласно общей теории систем, конкретизация области функционирования, делают определение 2.2 концептуально не совместимым с известными [213].

Покажем терминологическую и причинную связь между свойствами ТС МС и требованиями, предъявляемыми к адаптивным технологическим системам в строительстве [170]. Модульность и функциональная автономность системы в целом и составляющих ее подсистем является прямым следствием целостности и самоорганизации системы; универсализация функций – изоморфизма организации, способность к динамической мобилизации – открытости и целостности, прогнозируемость развития и управляемость информационных потоков – самоорганизации и саморегуляции.

Оптимизацию системы, в соответствии с ее целевой функцией, будем интерпретировать как гармонизацию отношений ТС МС с окружающей средой. Это подразумевает «естественное» образование и ликвидацию структур в зависимости от внешних воздействий (самоорганизация). Такая оптимизация возможна тогда, когда и ТС МС, и компоненты окружающей среды,

влияющие на ее функционирование, являются подсистемами системы более высокого уровня. Конечным результатом является такая система, которая реагирует на любое изменение внешних воздействий лишь изменением параметров и функций своих подсистем (полиморфизм) при неизменности организации (изоморфизм), т.е. в пределах саморегуляции. Таким образом, упомянутое выше противоречие между организованностью и адаптивностью системы разрешается, что положительно сказывается на ее эффективности.

Известно, что степень неаддитивности сложных технических систем различна [72], поэтому «естественная» оптимизация ТС МС возможна лишь в определенных пределах; она должна быть дополнена «директивной» оптимизацией, когда создается командный орган, призванный видоизменять структуру системы в соответствии с внешними воздействиями и при сохранении ее целостности.

Таким образом, задача моделирования ТС МС сводится к определению и адекватному представлению:

- общих признаков открытости, целостности и т.д.;
- признаков автономной системы как единицы рассмотрения;
- уровней организации;
- пределов директивного вмешательства;
- ценности и ограничений параметров функционирования системы;
- трансформаций с целью оптимизации системы.

Эти условия определяют вид используемой модели. Так, для представления таких признаков целостности, как симметрии, определенные числовые характеристики уровней организации и т.д. предпочтительной является графическая форма, тогда как для представления функциональных зависимостей параметров – аналитическая. Исходя из этих соображений, дадим следующее определение:

**Определение 2.3.** *Моделью технологической системы монолитного строительства (МТС МС) называется графоаналитическое представление ее основных структур и функций в их иерархической связи и с учетом вклада в обеспечение целостности системы.*

По сравнению с известными моделями [213, 216], новым является указание на подчинение структур и функций не только производственным задачам, экономическим требованиям и т.д., но и обеспечению целостности.

Построение МТС МС происходит в несколько этапов:

- иерархическое упорядочение технологических процессов с учетом влияния внешних связей;
- установление связи с организационными структурами строительной организации, вплоть до образования автономной системы;
- оптимизация структуры и внешних связей, исходя из того, что ТС МС является подсистемой систем более высокого уровня, обладает качествами открытости, целостности, изоморфности, самоорганизации;

- построение графоаналитической модели.

Рассмотрим последовательно все этапы построения МТС МС, начиная с анализа известных схем и заканчивая реализуемыми моделями.

**Этап 1.** Общепринятая схема возведения монолитных железобетонных конструкций показана на рис. 5.16 [50, 56, 98].

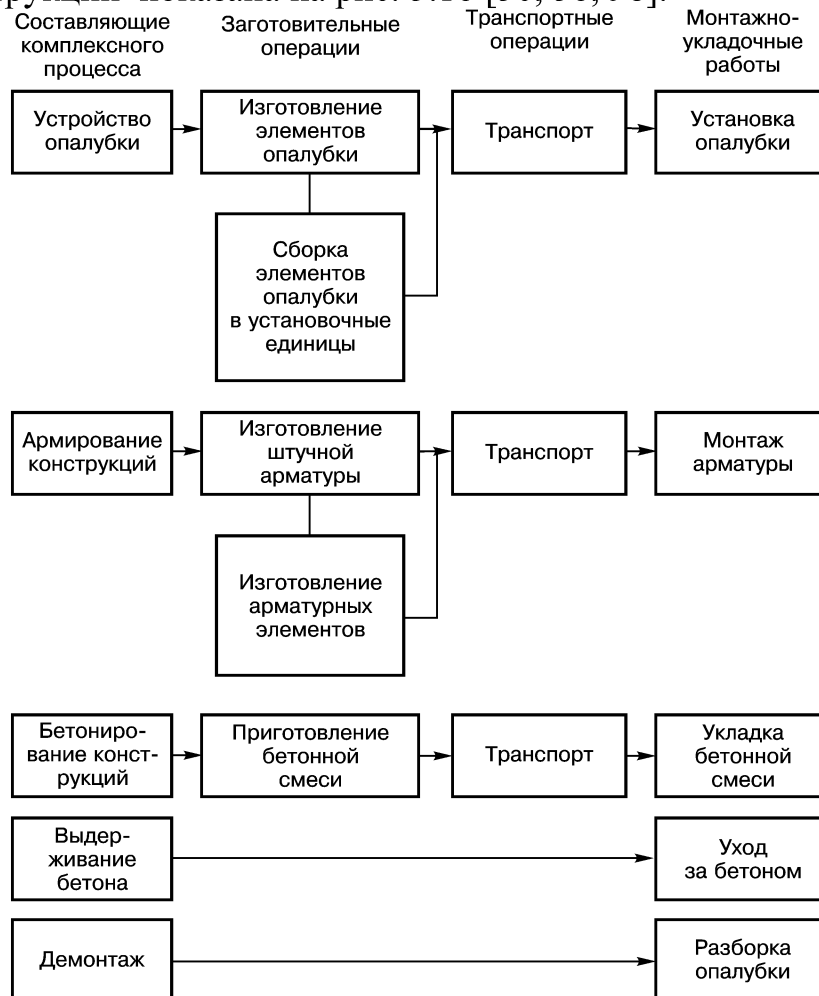


Рис. 5.16. Схема возведения монолитных железобетонных конструкций

Схема не отражает связи с объемно-планировочными и конструктивными решениями, ресурсами, специальными требованиями (рис.5.13), что свидетельствует об отсутствии качества открытости. Схоластическая группировка составляющих затрудняет организацию, механизацию, оперативное управления технологическими процессами, т.е. ослабляет механизмы саморегуляции. Структуры организации, механизации и управления не являются изоморфными. Не прослеживается четкого направления детализации. Итак, серьезные недостатки схемы, обуславливающие ее низкую эффективность, объясняются несоответствием системным требованиям.

В реальном процессе (рис. 5.13) четко прослеживаются три разнокачественные группы факторов, обуславливающие трехуровневую процедуру разработки технологических решений. Характер производственных операций соответствует их тернарной группировке. Учет этого приводит к схеме, показанной на рис. 5.17.

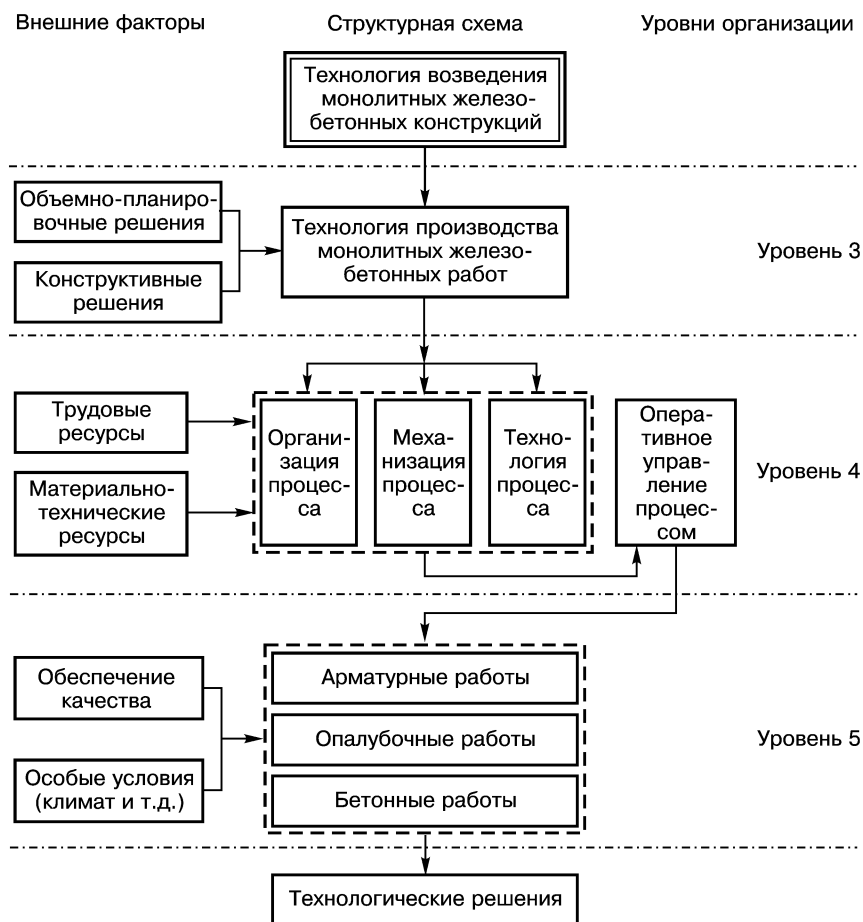


Рис. 5.17?

Наличие естественно обусловленной иерархии составляющих, симметрий фактор – процесс<sup>4</sup>, четкого направления детализации, изоморфизма составляющих разных уровней (технологии – 3 компонента; организации, механизации и управления – тоже по 3 компонента), естественно, при качественном различии функций, позволяет утверждать, что достигнут определенный уровень открытости, целостности и саморегуляции.

*Этап 2.* Установим связь схемы на рис. 5.17 с производственными структурами строительной организации. В отечественной и зарубежной практике используются линейная (рис. 5.18а), функциональная (рис. 5.18б), линейно-штабная (рис. 5.18в) схемы [96, 120, 165, 166, 167], а также их комбинации. Всем им присущи те же концептуальные недостатки, что и показанной на рис. 5.16 схеме: недостаточная адаптивность, директивное членение, жесткая иерархия и т.д. Иногда применяется матричная схема, обладающая повышенной гибкостью [165, 167]. Однако ввиду чрезмерной сложности, высоких накладных расходов и склонности к дезорганизации она не получила широкого распространения.

<sup>4</sup> Здесь и далее подразумеваются симметрии абстрактных единиц, называемых «структура», «функция» и т.д., безотносительно к смыслу названий и качественному содержанию.



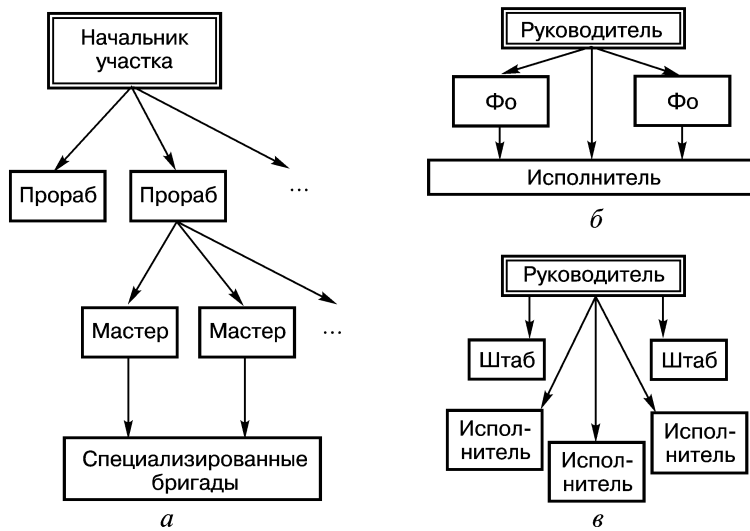


Рис. 5.18. Производственные структуры строительной организации. Поэтому следует провести преобразование с целью достижения соответствия с моделью на рис. 2.17. Результат показан на рис. 5.19.



Рис. 5.19?

Прокомментируем полученную схему.

Привязка к структурам вышестоящей организации позволила увеличить степень открытости системы, поскольку сделала ее восприимчивой к тем воздействиям, которые замыкаются на уровне этой организации.

Наличие соответствия структура – функция обуславливает объединение их в одну подсистему. Теперь именно такая подсистема рассматривается в качестве компонента ТС МС.

Изоморфизм технологической и производственно-организационной составляющих модели обуславливает появление дополнительной симметрии, что, согласно общей теории систем, увеличивает устойчивость и возможность саморегуляции системы, т.е. степень ее целостности.

*Этап 3.* Однако полученная модель еще не отражает внешних условий (перечислены на рис. 5.20) и не имеет внутренних механизмов саморегуляции – прогноза, инноваций, ликвидации отживших структур, перераспределения освободившихся ресурсов – и не является автономной. Поэтому необходимо вписать ее в структуру вышестоящей строительной организации.

Рассматривается следующая структура строительной фирмы (рис. 5.20)<sup>5</sup>.

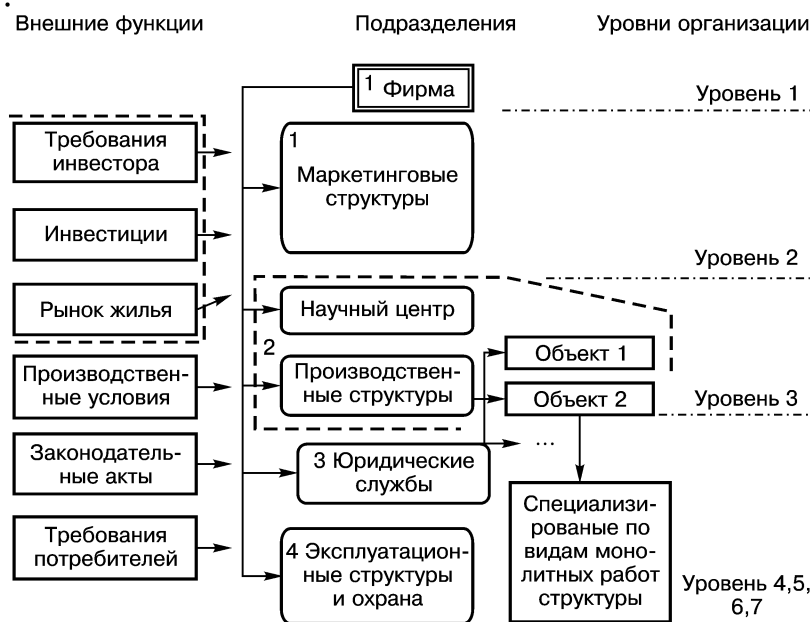


Рис. 5.20. Структура строительной фирмы

Внешние требования и условие целостности определили очередные два уровня организации системы.

Объединение научно-производственных структур в единую подсистему, возглавляемую главным инженером (техническим директором) фирмы, обеспечивает ее целостность и управляемость.

Придание этой подсистеме функций инновации и ликвидации и создание научного центра фирмы (НЦФ) завершает формирование механизмов самоорганизации ТС МС, создавая орган «директивной» оптимизации. Подробнее остановимся на его задачах структуре и функциях (рис. 5.21).

Цель создания НЦФ заключается в оптимизации организационной и технологической составляющих системы. Это возможно на основе системного анализа ее деятельности, прогноза изменения внешних условий, своевременных инноваций и ликвидации устаревших структур и оборудования. Эти условия определяют функции центра. Его структура должна быть достаточно гибкой, чтобы эффективно обеспечивать исследование, разработку, внедрение и мониторинг, поэтому предусмотрены связи с руководством фирмы и сторонними организациями разработчиками. Необходимость в экономии накладных расходов определяют немногочисленность штата НЦФ. Создается специальный инновационный фонд для финансирования научных разработок и поощрения руководителей структурных подразделений при внедрении новых технологических и организационных решений. НЦФ является ключевым звеном при проведении инновационной оптимизации (подглава 2.4.2).

В таком виде ТС МС представляет собой автономную единицу.

<sup>5</sup> Показаны только те ее части, которые имеют непосредственное отношение к технологии монолитного жилищного строительства.



Рис.5.21. Структура научного центра фирмы

Этап 4. Обобщим полученные результаты и построим МТС МС в окончательном виде. Необходимо учитывать следующие обстоятельства.

1. Разнокачественность структур разных уровней организации системы. Используем для построения модели системы многомерное евклидово пространство  $E^n$ :

$$n = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{m_i} s_{ij}, \quad (5.16)$$

где  $n$  – количество несимметричных структур системы;

$m$  – количество структур для  $i$ -того уровня.

Структурируем базис  $E^n$  так, как показано на рис. 2.22а. Каждому уровню будет соответствовать подпространство, имеющее только по одной

общей точке с подпространствами предыдущего и последующего уровней, размерность которого равна количеству его структур.

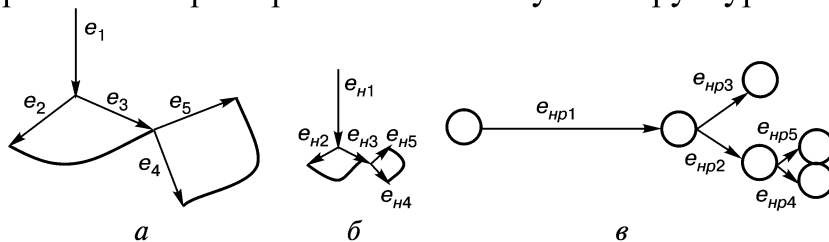


Рис. 5.22. Структуризация базиса  $E^n$

2. Разный вклад в целостность системы составляющих ее структур.

Нормируем базис каждого из подпространств следующим образом:

- длина всех единичных векторов, образующих каждый из таких базисов, одинакова;
- длина каждого вектора текущего уровня больше суммы длин векторов последующего уровня (рис. 5.22б). Так отображается неаддитивность.

Реальное соотношение длин векторов, с учетом последнего ограничения, определяется в результате экспертного опроса, процедура которого предложена в подглаве 2.3.

3. Для упрощения восприятия модели отобразим ее на плоскость (рис. 2.22в). Отображение  $P: E^n \rightarrow E^2$  выбирается исходя из следующих условий:

- сохранение связности;
- сохранение соотношения длин векторов;
- возможность отображать базис каждого из подпространств как совокупность расположенных под равными углами векторов;
- возможность условно отображать симметричные составляющие как конфигурации векторов, в зависимости от вида симметрии.

4. Расположим в точках стыка базисных векторов, а также их концах подсистемы соответствующих уровней (каждая из них имеет набор инкапсулированных функций, которые отдельно не показываются) и дополним полученную схему связями, установленными исходя из анализа схем, показанных на рис. 2.17, 2.19, 2.20. Полученный линейный граф является графической частью МТС МС (рис. 5.23).

Использованы следующие обозначения:

- стрелками показаны отношения подчиненности структур;
- пунктирными линиями со стрелками на концах – симметрии структур одних и тех же уровней.

Индексная нумерация структур включает номера их уровней, ветвей графов, непосредственные номера компонентов в соответствии с рис. 2.7, 2.19, 2.20. Для уменьшения громоздкости такой записи часть индексов может пропускаться.

Дополним графическую часть модели аналитической.

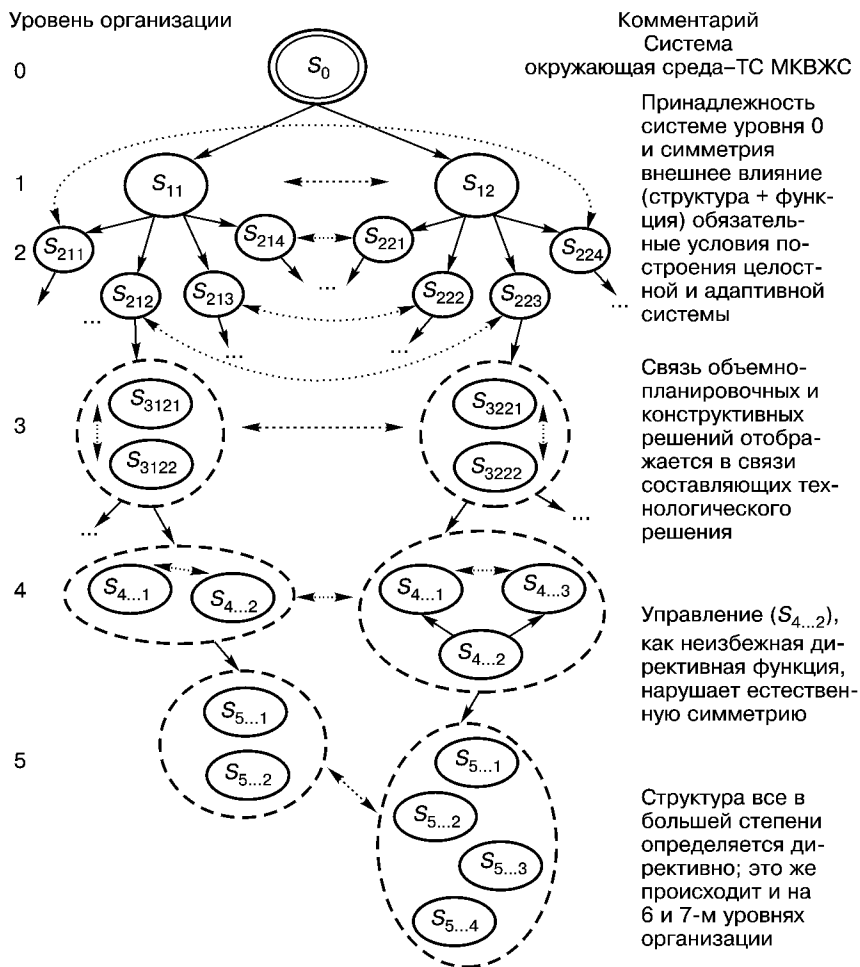


Рис. 5.23. Графическая модель ТС МС

При данном уровне детализации, состояние системы описывается как

$$TS = (\alpha_1 l_1, \alpha_2 l_2, \alpha_3 l_3, \alpha_4 l_4, \alpha_5 l_5), \quad (5.17)$$

где  $TS$  – функция состояния технологической системы;

$l_i$  – функция состояния  $i$ -того уровня организации;

$\alpha_i$  – весовой коэффициент, определяющий ценность  $i$ -того уровня для обеспечения целостности всей системы.

В свою очередь, функция состояния для каждого из уровней имеет вид:

$$l_i = (C_{ij}, O_{ik}, T_{im}, M_{in}, Y_{ip}), \quad (5.18)$$

где  $C_{ij}$  – совокупность  $j$  внешних условий;

$O_{ik}$  – совокупность  $k$  организационных структур;

$T_{im}$  – совокупность  $m$  технологических решений (5.12);

$M_{in}$  – совокупность  $n$  решений по механизации (5.11);

$Y_{ip}$  – совокупность  $p$  управленческих решений (5.13).

**Анализ модели.** Построенная модель, не являясь изоморфной реальной системе, тем не менее, позволяет отобразить ее важнейшие характеристики. Их анализ позволяет сделать имеющие практическое значение выводы относительно значения симметрий, стратегии проектирования системы, оценки

уровня оптимальности реальных систем, необходимости модификации их структур и функций.

*Симметрии и их вклад в обеспечение эффективности.*

1. Наличие и полнота реализации симметрий внешние факторы – процессы обуславливает гармоничность отношений системы с окружающей средой, т.е. «живучесть» фирмы и ее экономическую эффективность.

2. Наличие симметрий вида структура – функция определяет уровень организации системы, ее надежность и управляемость.

3. Симметрия ресурсы – исполнители – механизмы определяет производительность и качество выполняемых работ в рамках конкретных технологических процессов.

Известная теорема Нетер связывает различные симметрии пространства-времени с теми или иными законами сохранения. Можно с достаточным основанием предположить, что подобная связь существует и для технологической системы. В этом случае смысл сохранения состоит в сохранности ресурсов, денежных средств и т.д. от нерациональной траты, что как раз и определяет эффективность их использования.

4. Нарушения симметрии определяют невозможность «естественной» самоорганизации и необходимость создания директивного органа – НЦФ.

Эти положения могут использоваться для системного анализа организационных и технологических решений.

Обобщенная структура фирмы приведена на рис. 5.24.

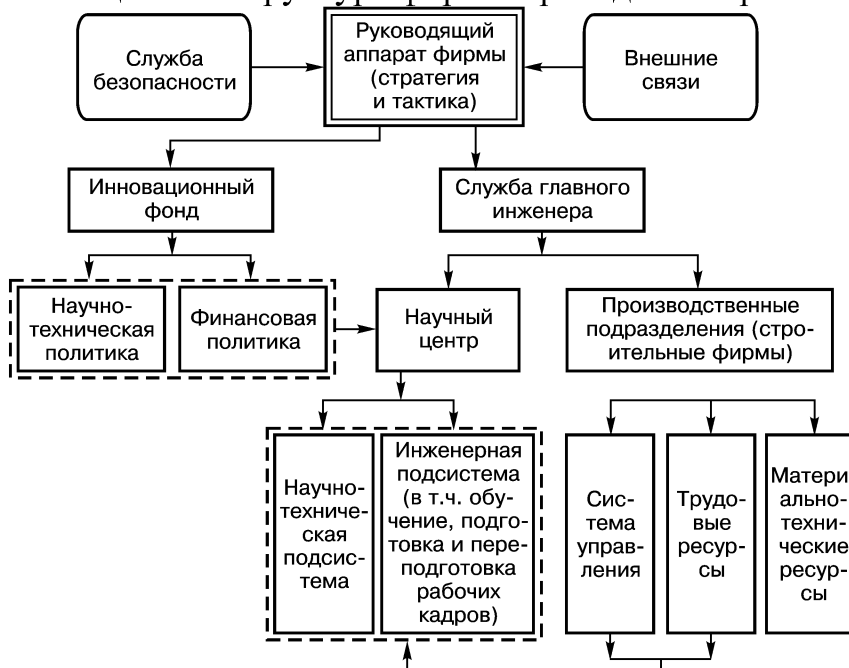


Рис. 5.24. Обобщенная структура фирмы

*Общая стратегия построения технологических систем.*

1. Необходимо определить и ранжировать всю совокупность внешних связей и ограничений.

2. Поскольку структуры высших уровней вносят большой вклад в обеспечение целостности, проектирование системы следует начинать с определения их состава и функций в зависимости от внешних условий.

3. Структуры низших уровней, их функции и ограничения определяются исходя из: соответствия внешним связям тех же уровней, целостности системы, изоморфизма и полиморфизма ее подсистем. Следует предусматривать наличие органа «директивной» оптимизации.

4. При определении пределов изменения параметров саморегуляции следует обратить внимание на результаты исследования биологических и эргатических систем, где они связываются с числами Фибоначчи и производными «золотой пропорции» [135]. Для ТС МС вопрос об их применимости нуждается в дальнейшем исследовании.

Итак, порядок построения системы – «сверху вниз», от 1 к 7 уровню.

*Качественная оценка ТС МС на основании модели.* ТС МС является открытой, целостной, обладает механизмами самоорганизации и саморегуляции, изоморфизмом организации подсистем. Таким образом, она является эффективной, гибкой и способной эволюционировать при изменении внешних требований.

Наличие указанных качеств устраняет недостатки существующих технологических и организационных решений монолитного строительства, т.е. причины ее низкой эффективности на уровнях 1-5. Поэтому система обеспечивает оптимальное проведение монолитных железобетонных работ, что и является, согласно определению 5.2, целью ее создания. Оценки эффективности системы на основе производственной апробации приведены в главе 7.

## **5.4. Совершенствование процессов ТС МС**

Каждая из составляющих технологических решений (5.8-5.13) описывается большим количеством показателей и должна быть представлена своей целевой функцией и набором ограничений:

- объемно-планировочные решения описываются целевой функцией, соответствующей максимальному объему проектируемого здания при условии равномерного размещения различных конструкций с наименьшим их объемом и номенклатурой;
- конструктивным решениям соответствует целевая функция, характеризующая максимальную однородность и заводскую готовность опалубки при минимальной стоимости производства;
- организация производства описывается целевой функцией, соответствующей наилучшему использованию ресурсов при фиксированном сроке строительства;
- целевая функция механизации соответствует достижению наивысшей производительности при использовании комплекса согласованных средств механизации;
- технология описывается целевой функцией, соответствующей максимальной интенсивности производственного процесса при минимальной стоимости производства и обеспечении качества;





Для получения технологических решений необходимо сопоставление и анализ *сетевых моделей*, поскольку для выполнения каждого определенного технологического процесса отводится определенный технологический промежуток времени, отклонение от которого допускается только для процессов, не находящихся на критическом пути [162].

В сетевых моделях должны быть детально описаны структуры технологических процессов, даны их пространственные и временные параметры. В альтернативных узлах, которые в сетевых моделях принятия решений имеют смысл события принятия решения, может приниматься решение «да» или «нет», которое определяет выбор определенной ветви модели.

В тех случаях, когда известны вероятности выполнения отдельных процессов, после введения в модель решения «да» или «нет», можно произвести оценку ожидаемых результатов решений. Для каждого узла модели с известными вероятностями действительно условие:

$$P_{i,D} + P_{i,H} = 1, \quad (5.20)$$

где  $P_{i,D}$  – вероятность решения «да» в узле  $K$ ;  
 $P_{i,H}$  – вероятность решения «нет» в узле  $K$ .

Если для каждого альтернативного узла сетевой модели вероятность решения известна, то вероятности ожидаемых результатов от старта (О) до цели ( $a_i \in A$ ) могут быть рассчитаны. Они являются значимыми критериями при выборе технологических решений. Определение вероятностей осуществляется методами *прогнозных расчетов, экспертных оценок* и др. Применяя эти критерии, выбирают наиболее рациональный вариант технологических решений, после чего разрабатывают и рассчитывают сетевой график или любую его модификацию.

Анализ перечня технико-экономических показателей ППР и ПОС показывает, что частными критериями оценки является продолжительность строительства  $T$  и стоимость реализации технологических решений  $C$ , а принятым ограничением – равномерность потребления во времени финансовых, людских и материально-технических ресурсов. Методом экспертных оценок установлено, что  $T > C$ . Поиск наилучших вариантов технологических решений осуществляют в области Парето-оптимальных решений в соответствии с моделью:

$$X^0 = \{x/x \in X, \{x^l/x^l \geq K\} \cap X \neq \Phi\} \quad (5.21)$$

В качестве интегрального критерия оценки решений, принимаемых в процессе разработки ППР монолитно-каркасных жилых домов, используется обобщенный критерий близости оцениваемых вариантов к идеальному варианту  $TP$  при принятых ограничениях:

$$TP = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, i = 1, \dots, m \quad (5.22)$$

При разработке проектной документации, возникает необходимость в разработке методологии многокритериальной оценки всего комплекса технологических решений в процессе проектирования с учетом оценочных показателей, характеризующих технико-экономические показатели ПОС и ППР.

В этом случае стоимость реализации технологических решений  $C$  учитывается в ходе технико-экономической оценки, а оценку технологических решений производят с помощью локального критерия, характеризующегося оптимальной продолжительностью строительства каркасно-монолитных жилых домов с учетом принятых ограничений:

$$\begin{array}{llll}
 x_t^{11}, & x_t^{12}, \dots, & x_t^{1m}, & * & x_t^1 \\
 x_t^{21}, & x_t^{22}, \dots, & x_t^{2m}, & * & x_t^2 \\
 x_t^{31}, & x_t^{32}, \dots, & x_t^{3m}, & * & x_t^3, \\
 x_t^{41}, & x_t^{42}, \dots, & x_t^{4m}, & * & x_t^4 \\
 x_t^{51}, & x_t^{52}, \dots, & x_t^{5m}, & * & x_t^5
 \end{array} \quad (5.23)$$

где  $x_t^5$  – множество оценочных показателей, соответствующее стоимости реализации технологических решений ППР на 1 м<sup>2</sup> площади жилых домов;

$x_t^{51}$  – показатель, соответствующий затратам на устройство временных дорог, проездов и т.д.;

$x_t^{52}$  – показатель, соответствующий затратам на строительство и эксплуатацию временных зданий и сооружений;

$x_t^{53}$  – показатель, соответствующий затратам на временное энергоснабжение объектов строительства;

$x_t^{54}$  – показатель, соответствующий затратам на временное теплоснабжение;

$x_t^{55}$  – показатель, соответствующий затратам на сооружение и эксплуатацию временных сетей водоснабжения и канализации;

$x_t^{56}, \dots, x_t^{5m}$  – показатели, соответствующие прочим затратам.

Локальный критерий оценки технологических решений получается путем свертки оценочных показателей, характеризующих продолжительности выполнения отдельных видов работ по строительству, в множества  $X_q^1$  и  $X_q^2$ :

$$\begin{array}{llll}
 x_q^{11}, & x_q^{12}, \dots, & x_q^{1m}, & * & X_q^1 \\
 x_q^{21}, & x_q^{22}, \dots, & x_q^{2m}, & * & X_q^2,
 \end{array} \quad (5.24)$$

где  $x_q^{11}, x_q^{12}, \dots, x_q^{1m}$  – оценочные показатели, характеризующие продолжительность выполнения отдельных видов работ подготовительного периода;

$x_q^{21}, x_q^{22}, \dots, x_q^{2m}$  – оценочные показатели, характеризующие продолжительность выполнения отдельных видов работ основного периода строительства;

$X_q^1$  – множество оценочных показателей, соответствующее общей продолжительности подготовительного периода;  
 $X_q^2$  – множество оценочных показателей, соответствующее общей продолжительности основного периода строительства.

Значения  $X_q^1$  и  $X_q^2$  принимают с учетом максимально достижимого совмещения отдельных работ, исходя из рациональной технологии производства строительных работ.

При групповом методе строительства  $x_q^{21}, x_q^{22}, \dots, x_q^{2m}$  могут соответствовать продолжительности строительства отдельных объектов, входящих в градостроительные комплексы.

Для большей части территории СНГ, доля монолитных железобетонных работ, выполняемых в зимних условиях, составляет 40% и более от общего их объема. Для отдельных стран и регионов работы в течение летних месяцев должны проводиться в условиях сухого жаркого климата. Поэтому целесообразно провести адаптацию предлагаемых технологических основ к указанным климатическим особенностям.

Методика оптимизации технологических решений основана на предложенной выше инновационной стратегии оптимизации: последовательно определяются «узкие места» системы, вводятся технологические, конструктивные и прочие инновации, определяется их эффект. Необходимо отметить, что при этом обеспечивается системный характер мероприятий.

**Совершенствование конструкции опалубки и технологии опалубочных работ.** Доля опалубочных работ в общем объеме работ по монолитному строительству достигает: по себестоимости – до 25%, по трудоемкости – до 35%. Этот дисбаланс показывает, что именно они являются «узким местом», негативно влияющим на показатели строительства в целом.

Опыт возведения монолитных железобетонных конструкций показывает, что стоимость комплекта опалубки, которая обеспечивает непрерывность работы крана и рабочих, на 30 ÷ 35% выше стоимости монтажного крана. С учетом относительно высокой амортизационной стоимости комплекта опалубки, которая из расчета на один дом составляет 15% ÷ 20%, по сравнению с 9 ÷ 11% на один кран, очевидно, что затраты на комплект опалубки для одного монолитного дома почти в 2 раза выше, чем затраты на монтажный кран.

Исходя из этого, для повышения эффективности строительства зданий из монолитных железобетонных конструкций большое значение имеют выбор конструкции опалубки, оптимизация ее комплекта для конкретного объекта, увеличение оборачиваемости опалубки.

Для выбора оптимального комплекта опалубки строящегося объекта в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений необходимо иметь следующие данные:

- установленные сроки возведения монолитного каркаса;
- технические характеристики грузоподъемных механизмов;
- количество рабочих смен в сутки;

- интенсивность бетонирования в смену ( $\text{м}^3/\text{смен}$ );
- размеры захваток;
- количество захваток;
- объем бетона вертикальных конструкций на одной захватке;
- объем бетона горизонтальных конструкций на одной захватке;
- количество рабочих в одной смене;
- очередность выполнения работ по захваткам;
- сезонность строительных работ.

В монолитных зданиях, в зависимости от их объемно-планировочных и конструктивных решений, выбирают два комплекта:

- комплект опалубки для возведения вертикальных конструкций (стены, колонны);
- комплект опалубки для горизонтальных конструкций (плиты перекрытий).

Количество элементов опалубки для бетонирования вертикальных конструкций определяется в зависимости от:

- размеров инвентарных щитов опалубки (мелкощитовые или крупнощитовые);
- конструктивных решений вертикальных элементов (квадратное, прямоугольное, Т-образное, П-образное, Г-образное сечение);
- геометрических размеров вертикальных конструкций (длина и высота).

Состав и количество комплекта опалубки для возведения монолитных железобетонных конструкций выбираются так, чтобы обеспечить непрерывность работы грузоподъемных механизмов и рабочих в течение рабочей смены. Исходя из этих условий, а также в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений, определяют размеры и границы захваток.

Для эффективного использования комплекта опалубки и организации работ большое значение имеет правильный выбор очередности захваток, т.е. с какой захватки целесообразно начинать опалубочные работы.

Исследования технологии и организации возведения зданий из монолитных железобетонных конструкций показывают, что для рационального использования комплекта опалубки и обеспечения непрерывной работы необходимо опалубочные работы начинать с той захватки, в которой располагается максимальный объем работ вертикальных конструкций. Далее, состав комплекта опалубки выбирается по ней, и, в зависимости от разнообразия вертикальных элементов других захватках, доукомплектовывается для этих конструкций.

Размеры и границы первой захватки определяются после выполнения свайных работ по отдельно-стоящим монолитным железобетонным ростверкам или сплошной монолитной железобетонной фундаментной плите. Затем

подбирается комплект опалубки вертикальных железобетонных конструкций, и выполняются опалубочные работы.

После возведения всех вертикальных монолитных железобетонных конструкций первой захватки, одновременно начинаются работы: по монтажу горизонтальной опалубки первой захватки и вертикальной опалубки второй захватки. При этом, по мере создания фронта работ, специализированные бригады по устройству вертикальных, горизонтальных опалубок, арматурных и бетонных работ поэтапно начинают выполнять в определенной последовательности соответствующие работы.

Для создания поточной организации работ и непрерывного использования всего комплекта опалубки в процессе возведения монолитных железобетонных конструкций при необходимости меняется очередность захватки, что позволяет сократить продолжительность опалубочных работ и оптимально использовать комплект опалубки.

Очередность захватки требуется менять, когда этажи отличаются своими объемно-планировочными и конструктивными решениями.

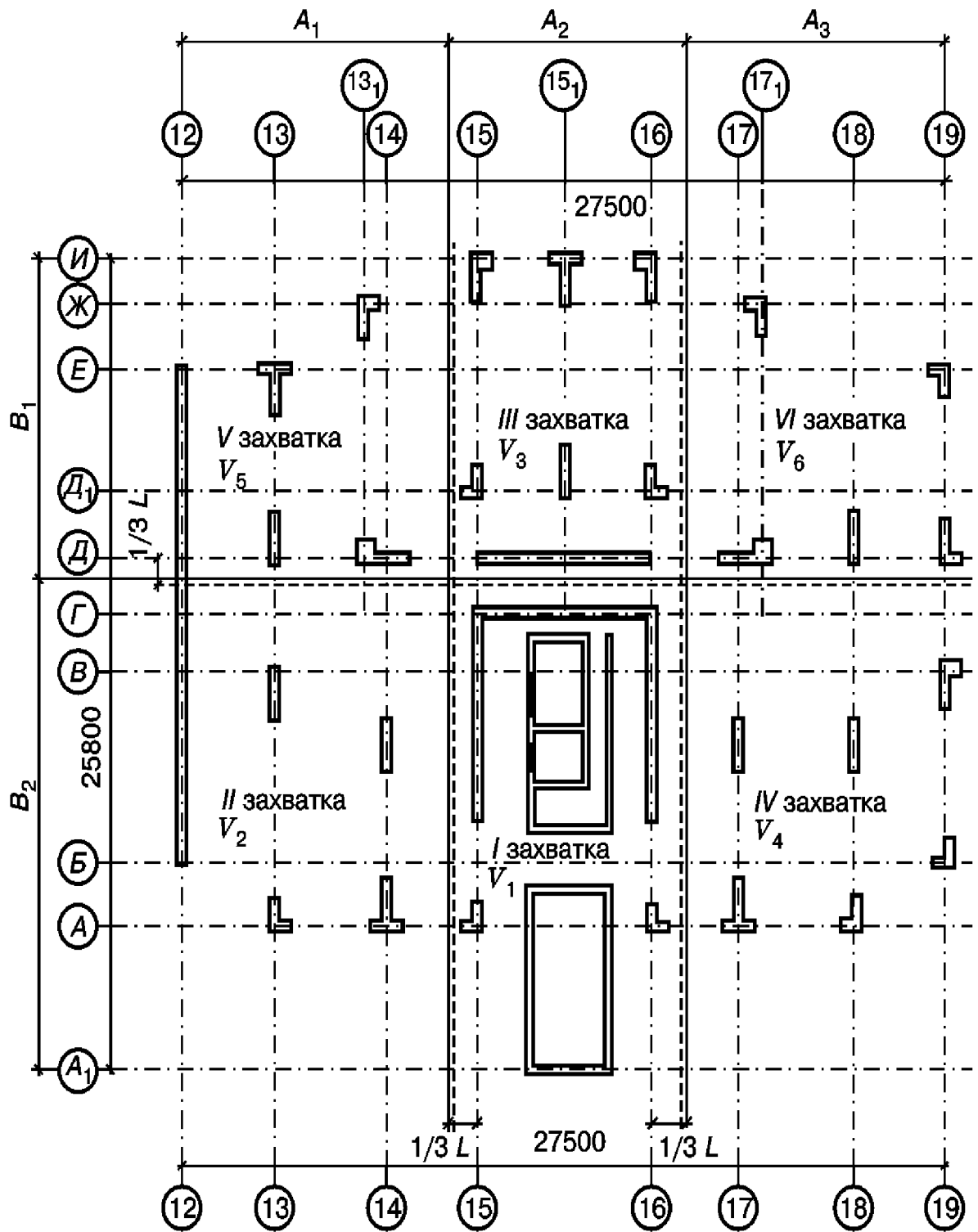
Это относится, в первую очередь, к подвальной и цокольной частям, а также к первым этажам зданий, которые обычно проектируются для использования в качестве офисных помещений, магазинов, подземных автостоянок и т.п. При возведении типовых жилых этажей очередность захваток для выполнения опалубочных работ не меняется, а при бетонировании верхних этажей (технический этаж, вентиляционная камера, мансардный этаж), с целью рационального использования комплекта опалубки и обеспечения поточной организации работ, очередность захваток вновь должна изменяться.

Для достижения этой цели, работы на последних этажах часто выполняются на трех-четыре ярусах, что одновременно позволяет рационально использовать грузоподъемные механизмы.

Изменения очередности бетонирования захваток, в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений различных этажей, показано на рис. 5.25.

Предложенная схема выбора комплекта опалубки позволяет максимально уменьшить ее комплект и обеспечивать непрерывность работы специализированной бригады вертикальной опалубки. Так, практика расчета опалубки таких фирм, как «ДОКА», «МЕВА», «АЛЮМОСИСТЕМ» и др., показывает, что комплект определяется для всего этажа [69, 70, 71], что, по сравнению с предложенной схемой, приводит к многократному увеличению объема комплекта по сравнению с реальными потребностями. Неэффективно используются специализированные бригады, выполняющие неоправданно большой объем работы, сопряженный с неизбежными простоями. Тот же принцип заложен в известные программы автоматизации расчета комплекта опалубки.

Объем комплекта опалубки для бетонирования горизонтальных монолитных железобетонных конструкций выбирается, исходя из условий обеспечения непрерывной работы специализированной бригады горизонтальной опалубки.



1.  $A_1 \approx A_2 \approx A_3$
  2.  $B_1 \approx B_2$
- $V_1 \approx V_2 \approx V_3 \approx V_4 \approx V_5 \approx V_6 \approx (45 \dots 50 \text{ м}^3)$

Тиф 43

**Рис. 5.1.** Последовательность захваток при бетонировании вертикальных монолитных железобетонных конструкций

Учитывая особенности технологии и организации возведения горизонтальных монолитных железобетонных конструкций, объем комплекта горизонтальной опалубки должен обеспечивать одновременно опалубоч-

ные работы на трех-четырех захватках, при этом на разных захватках одновременно выполняются следующие специализированные работы:

- на первой захватке – демонтаж горизонтальной опалубки, после необходимого выдерживания бетонируемых конструкций;
- на второй захватке – бетонирование армированных горизонтальных конструкций;
- на третьей захватке – армирование горизонтальных конструкций;
- на четвертой захватке – работы по монтажу горизонтальной опалубки. При этом, по мере освобождения опалубки после демонтажа первой захватки, определенная часть комплекта опалубки используется на данной захватке.

Производственная апробация подтверждает, что для обеспечения точной организации работ, максимального использования мощностей грузоподъемных механизмов и непрерывного обеспечения работ специализированных бригад в течение рабочей смены, необходимо выбирать объемы комплектующей опалубки из расчета одновременного выполнения опалубочных работ на трех-четырех захватках.

Анализ объемно-планировочных и конструктивных решений зданий из монолитного железобетонного каркаса показывает, что объем вертикальных железобетонных конструкций для одного объекта составляет 40÷45% от общего объема монолитных железобетонных конструкций, а объем горизонтальных железобетонных конструкций – соответственно 55÷60%.

Исходя из этих процентных отношений, подбирается объем комплектов вертикальных и горизонтальных опалубок.

Для определения объема комплектов вертикальных и горизонтальных опалубок существенно важным фактором является сменный коэффициент использования монтажного крана.

Анализ опыта возведения зданий из монолитных железобетонных конструкций при использовании на стройке одного монтажного крана показывает, что для обеспечения рационального использования монтажного крана объем бетонирования должен составлять 45÷50 м<sup>3</sup>/дн при работе в две смены. При этом 18÷20 м<sup>3</sup>/дн приходится на бетонирование вертикальных элементов и 27÷30 м<sup>3</sup>/дн – на горизонтальные конструкции. Соответственно, комплект вертикальной опалубки, при средней толщине вертикальных элементов 250 мм, составляет 190÷220 м<sup>2</sup>, а комплект горизонтальной опалубки, при толщине конструкции 180 мм, – 480÷600 м<sup>2</sup>.

Для обеспечения непрерывной работы крана в зимнее время при такой же интенсивности бетонирования, как в летний сезон, объем комплектов вертикальных и горизонтальных опалубок необходимо увеличить на 20÷25%.

В последнее время в технологии возведения зданий из монолитных железобетонных конструкций в широко применяются различные системные

опалубки, разработанные западными фирмами [69, 71, 72]. Для бетонирования вертикальных конструкций применяются:

- инвентарная мелкощитовая опалубка фирмы «MEVA» (Германия);
- инвентарная мелкощитовая опалубка фирмы «DOKA-Formax» (Австрия);
- крупнощитовая деревянная опалубка «DOKA» (Австрия);
- инвентарная мелкощитовая опалубка «ALUMA-SYSTEMS» (Канада).

Опыт применения этих системных опалубок, помимо ряда преимуществ, выявил и серьезные недостатки:

- относительно высокая трудоемкостью. При монтаже и демонтаже опалубки каждый раз необходимы поэлементная сборка и разборка опалубки с помощью крана, что увеличивает количество подъемов, уменьшает эффективность использования крана, снижает выработку рабочих;
- для бетонирования большого количества типоразмеров конструкций и архитектурных элементов недостаточно использование только существующих типоразмеров инвентарных опалубок. Очень часто приходится использовать специальные вставки, что требует дополнительных трудовых и финансовых затрат;
- деревянная крупнощитовая опалубка фирмы «DOKA» имеет ограниченную область применения: при бетонировании П - образных, Т - образных и Г – образных вертикальных конструкций циклы бетонирования увеличиваются, потому что бетонировать приходится отдельными прямыми участками;
- конструкция деревянной крупнощитовой опалубки фирмы «DOKA» имеет существенные недоработки в узлах крепления деревянной балки к металлической выравнивающей балке – в процессе эксплуатации очень часто во время строповки и подъема конструкции опалубки ломаются «гайки-зажимы», в результате этого щиты опалубки выходят из строя.

Таким образом, развитие технологии монолитных железобетонных работ в значительной степени сдерживается именно конструктивными недостатками опалубочных систем.

Поэтому предлагается модуль конструкции опалубки, позволяющий с помощью одного унифицированного щита опалубки бетонировать конструкции с различными длинами для каждого объекта, исходя из объемно-планировочных и конструктивных решений. При этом необходимо изменять только места крепления торцевых элементов опалубки.

Разработанный модуль конструкции опалубки имеет четыре типоразмера по длине (2000; 4000; 6000; 8000 мм), которые позволяют выполнять вертикальные конструкции длиной от 1000 до 8000 мм.



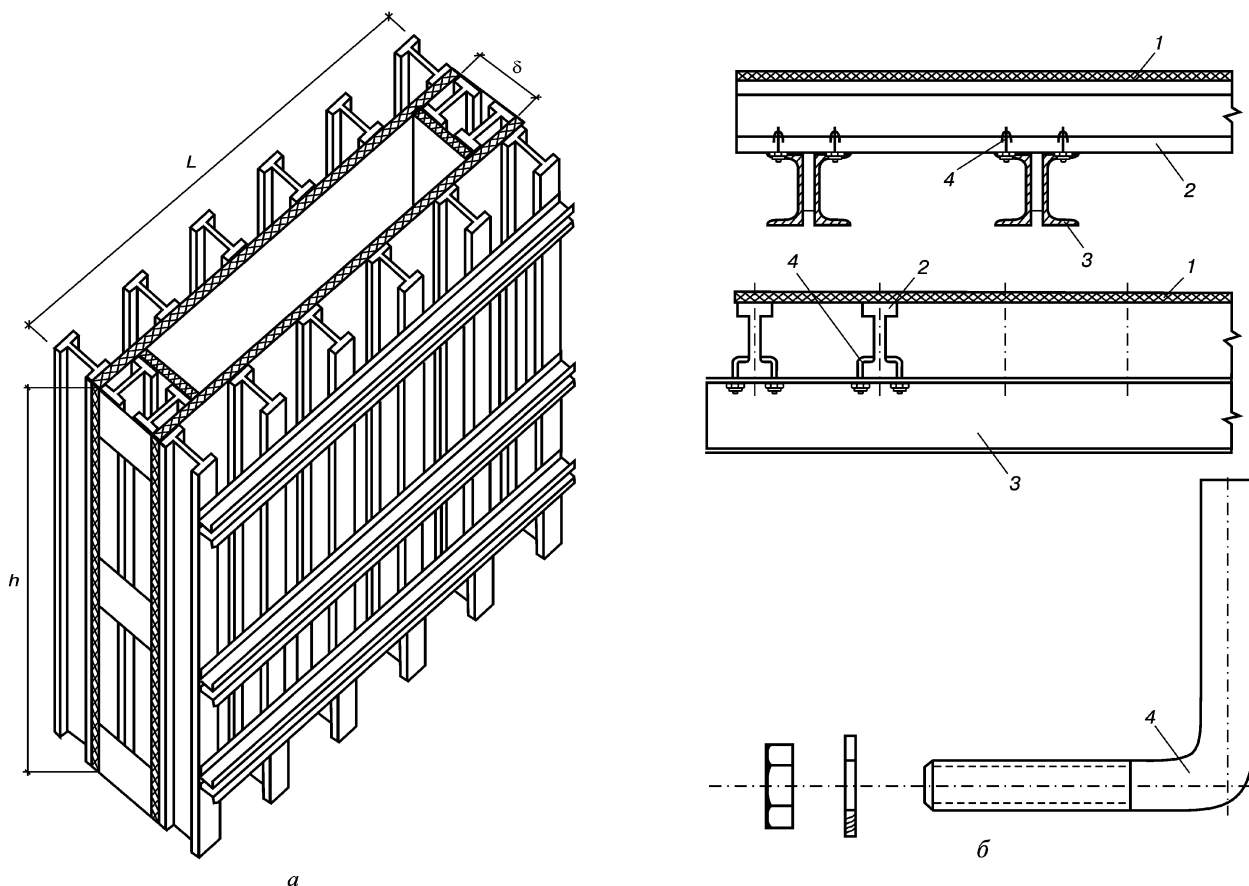
Конструкция модульной опалубки (рис. 5.26а) состоит из: палубы опалубки (водостойкая фанера), которая закреплена к каркасу конструкции опалубки;

каркаса опалубки, состоящего из деревянной балки фирмы «ДОКА», закрепленной с двух сторон к выравнивающей металлической балке, выполненной из двойного швеллера № 12, при помощи Г – образной зажимной гайки.

Разработанный узел крепления (рис. 5.26б) деревянной балки к выравнивающей металлической балке обеспечивает надежную эксплуатацию щита опалубки [54].

Конструкции щитов опалубки *изготавливаются в заводских условиях*, транспортируются на строительную площадку стеновозами и монтируются в проектное положение с помощью монтажного крана.

Применение модульной конструкции опалубки уменьшает количество подъемов монтажного крана для сборки опалубки, что повышает производительность труда. Так, для монтажа инвентарной щитовой опалубки западных фирм под вертикальную конструкцию длиной 6000 мм и высотой 3000 мм требуется 18 – 22 подъем монтажного крана, а при использовании модульной конструкции вертикальной опалубки необходимо всего 2 подъема.



Тиф 45-1 и 45-2

Рис.5.26. Модульная щитовая опалубка.

а – модульная опалубка;

б – узел крепления деревянной балки к металлической балке: 1- палуба опалубки из водостойкой фанеры; 2- деревянная балка; 3 – металлическая балка; 4 – Г-образный болт

Одним из трудоемких процессов является установка внутренней опалубки лифтовой шахты. Для установки внутренней опалубки из инвентарных щитов ведущих фирм количество подъемов монтажным краном составляет 14 – 16. Разработанная нами конструкция внутренней опалубки лифтовой шахты позволяет с помощью одного подъема монтажным краном полностью монтировать внутреннюю опалубку лифтовой шахты.

Конструкция внутренней опалубки лифтовой шахты состоит из одного цельного блока-формы. Блок-форма для внутренней опалубки лифтовой шахты состоит из отдельных щитов из водостойкой (ламинированной) фанерной палубы с металлическими углами, которые между собой соединены при помощи опорных болтов и телескопических распорок [54].

После бетонирования лифтовой шахты для демонтажа блок-формы ослабляются опорные болты и распорки. При этом блок-форма остается цельной и отделяется от бетонной поверхности, после чего с помощью монтажного крана одним подъемом осуществляется ее демонтаж.

Для правильного монтажа опалубки вертикальных монолитных железобетонных конструкций разработан технологический регламент.

До монтажа щитов опалубки в нижнем сечении вертикальных конструкций, на уровне существующего монолитного перекрытия устраиваются бетонные направляющие столбики (шаблоны) высотой 50 мм. Для этого:

в каждой вертикальной конструкции по разбивочным рискам, нанесенным на нижележащей плите перекрытия, устанавливается миниопалубка из водостойкой (ламинированной) фанеры на толщину конструкции, охватывающей не менее 4-х выпусков вертикальных рабочих арматурных стержней;

прижимными рейками миниопалубка крепится дюбелями к плите перекрытия и бетонируется на высоту 50 мм;

количество бетонных направляющих столбиков зависит от длины вертикальной конструкции, которые устраиваются с шагом не более 2000 мм;

после снятия миниопалубки, проверяется правильность устройства направляющих столбиков по разбивочным рискам.

После этого приступают к установке модульных щитов опалубки в проектное положение.

Бетонные направляющие столбики целесообразно применять при температуре наружного воздуха выше  $+15^{\circ}\text{C}$ , так как для набора необходимой прочности такие маленькие объемы бетона требуют длительного ухода.

При низких положительных температурах наружного воздуха (ниже  $+15^{\circ}\text{C}$ ), а так же при отрицательных температурах, бетонные направляющие столбики целесообразно заменить направляющими шаблонами из арматуры.

Арматурные направляющие шаблоны выполняются в следующей последовательности:

1. При бетонировании нижележащего перекрытия в свежееуложенный бетон, в местах расположения вертикальных конструкций между выпусками рабочей арматуры, устанавливаются не менее 2-х «коротышей» из арматуры не менее  $\varnothing 16$  на высоту  $100 \div 150$  мм от уровня отметки верха перекрытия;

2. При армировании вертикальных конструкций к «коротышам» приваривают арматурные стержни не менее  $\varnothing 16$  над перекрытием перпендикулярно бетонируемой конструкции размером, равным поперечному сечению конструкции за минусом 2-х диаметров стержней используемой арматуры;
3. К установленным поперечным стержням приваривают направляющие не менее  $\varnothing 16$ , расстояние между парами которых должно соответствовать геометрическим размерам поперечного сечения конструкции;
4. Проверяется соответствие направляющих стержней разбивочным рискам, после чего приступают к монтажу щитов опалубки в проектное положение.

Укрупненные щиты опалубки вертикальных конструкций устанавливаются в следующей последовательности:

1. Монтируются щиты опалубки по бетонным (арматурным) направляющим с одной стороны конструкции;
2. Щиты опалубки фиксируются при помощи двойных подкосов;
3. С помощью геодезического прибора (или уровнем длиной 2 м) выставляют щит опалубки в проектное положение;
4. При наличии проемов в бетонируемых вертикальных конструкциях согласно разбивочным меткам устанавливаются проеомобразователи;
5. Согласно проекту, армируется вертикальная конструкция;
6. Монтируются щиты опалубки второй стороны конструкции;
7. С помощью геодезического прибора окончательно выставляется в проектное положение опалубка вертикальной конструкции;
8. Опалубка фиксируется с помощью двойных подкосов, после чего по акту сдается под бетонирование.

После окончания бетонирования вертикальных конструкций в обязательном порядке проверяется вертикальность опалубки геодезическим прибором или отвесом. При необходимости устраняются отклонения от вертикали с помощью телескопических двойных подкосов.

После достижения бетоном требуемой для распалубливания прочности, щиты вертикальной опалубки демонтируются в обратной последовательности.

Монтаж конструкции горизонтальной опалубки для бетонирования монолитных железобетонных плит перекрытий выполняется в следующей последовательности:

1. Устанавливаются монтажные телескопические металлические стойки с шагом 3000–4000 мм (в зависимости от длины монтажных главных деревянных балок, в основном размером 3300–4500 мм), которые поддерживаются с помощью треног;
2. На каждой монтажной телескопической стойке устанавливаются универсальные вилки для поддержания монтажных главных деревянных балок;
3. Монтируются монтажные главные деревянные балки;
4. По главным балкам монтируются второстепенные (распределительные) деревянные балки;

5. С помощью геодезического прибора (нивелира) производится выверка горизонтальной опалубки по проектной отметке;
6. После установки горизонтальной опалубки на проектную отметку, палубу перекрытия настилают водостойкой (ламинированной) фанерой;
7. Согласно проекту, при необходимости, по разбивочным меткам устанавливаются проемообразователи;
8. Палуба тщательно очищается и смазывается;
9. Устанавливаются дополнительные телескопические металлические стойки под монтажными главными балками шагом 1200–1500 мм. Шаг определяется конструктивными решениями плит перекрытий. Их основными параметрами являются: тип плиты (безбалочная, балочная, с капителями, толщина и пролетные размеры плиты);
10. Проверяется монтируемая горизонтальная опалубка в целом и оформляется разрешение для выполнения арматурных работ.

Анализ опыта применения в конструкциях горизонтальной опалубки телескопических металлических стоек, универсальных вилок и треног производства ведущих европейских фирм, также выявляет ряд конструктивных недостатков. В частности, телескопические стойки имеют открытую часть резьбы, которая в процессе эксплуатации быстро загрязняется цементным молоком, что затрудняет или вообще делает невозможной работу опорной гайки. Универсальные вилки в процессе эксплуатации часто ломаются из-за ненадежного крепления «ушей» к опорной плите. У треног, которые служат для временного поддержания телескопических металлических стоек, часто выходит из строя прижимная часть.

После набора определенной проектной прочности бетона плит перекрытий, с целью увеличения оборачиваемости горизонтальной опалубки и уменьшения общего объема парка горизонтальной опалубки, выполняются работы по переопиранию стоек и частичному демонтажу горизонтальной опалубки.

Переопирание металлических стоек под горизонтальной опалубкой и частичный демонтаж элементов опалубки выполняются согласно разработанному технологическому регламенту.

На основании проведенных исследований можно утверждать, что для перекрытий толщиной 180 мм расстояния между монтажными и переопирающими стойками в продольном и поперечном направлении не должны превышать 1200–1500 мм.

Переопирание разрешается производить не ранее времени достижения бетоном необходимой для частичной распалубки прочности после окончания бетонирования на захватке при среднесуточной температуре не ниже 20<sup>0</sup>С в период набора прочности бетона. В холодный период года время схватывания и набора прочности забетонированной конструкции определяется в зависимости от режима прогрева бетона.

Переопирание стоек производится по следующей схеме:

- перед демонтажем монтажных главных и второстепенных балок под фанерной палубой горизонтальной опалубки уста-

навливаются переопираемые металлические стойки с деревянной прокладкой (деревянная доска с размерами толщиной 40–50 мм, шириной 150–200 мм, длиной 800–1000 мм);

- при демонтаже палубы горизонтальной опалубки под смежной и демонтируемой фанерой устанавливаются дополнительные стойки;
- после демонтажа фанерной палубы горизонтальной опалубки телескопические стойки для переопирания устанавливаются на прежние места.

С целью экономии металлических телескопических стоек и уменьшения объема комплекта горизонтальной опалубки для переопирания бетонизируемого перекрытия, разрешается заменять металлические стойки на деревянные после устройства трех вышерасположенных перекрытий.

При наличии перекрытий на четырех вышележащих этажах разрешается увеличить шаг переопираемых стоек до 3000 мм.

Окончательный демонтаж стоек разрешается при устройстве перекрытий шести вышерасположенных этажей, но не ранее чем через 28 суток от окончания бетонирования захватки.

В зимний период забетонированные конструкции поддерживаются инвентарными стойками до теплой погоды, при которой средняя температура наружного воздуха достигнет более  $+15^{\circ}\text{C}$  в течение 10 дней.

Такая технология объясняется тем, что в зимнее время разрешается обогревать и выдерживать бетон до набора критической прочности, после чего можно допускать замораживание бетона. В период наступления теплой погоды замороженный бетон начинает оттаивать, и этот период для бетона считается ответственным. С этой целью и выполняются вышеуказанные мероприятия.

Способ переопирания забетонированных плит перекрытий предполагает не демонтаж опалубки, которая выполняет роль сплошной опоры плиты, а замену поддерживающих опорных стоек опалубки, равномерно распределяющей усилия, на опорные стойки, реакции которых перераспределяются непосредственно в теле железобетонной плиты, набравшей первоначальную прочность не менее 35% проектной.

Определение зависимости частоты установки на единицу площади плиты, в зависимости от набираемой ею прочности, является главной задачей в переопирании стоек.

В общем случае это обратно пропорциональная зависимость – чем больше набранная прочность плиты, тем меньше требуемое количество стоек. В количественном же отношении эта величина ограничивается допустимым прогибом плиты. При 100% прочности бетона прогиб принимается равным  $l/200$ – $l/250$ , где  $l$  – пролет в плите между стойками. Для прочности бетона, равной 50% проектной, условно приняты допустимые прогибы, равные по  $l/400$ – $l/500$ .

В свою очередь, величина прогиба плиты зависит не только от ее прочности, но и от действующей нагрузки. При оценке величин прогибов плиты необходимо учитывать, что величина несущей способности плиты зависит от двух составляющих: прочности бетона на данный момент времени, а также количества арматуры в ней, прочность которой постоянна.

В исследуемых конструкциях плит перекрытий монолитных зданий, при наборе прочности бетоном, равной 40% проектной, прочность плиты по несущей способности, в зависимости от процента армирования, равна 45–50% ее проектной несущей способности, а при наборе прочности бетоном 90% достигает 90–95%.

Учитывая, что величина изгибающего момента прямо пропорциональна составляющей действующей нагрузки, то при величине последней, равной около 50% от составляющей расчетной нагрузки, при которой производится переопирание, величина прогиба должна была бы измеряться при 50% прочности допустимыми пределами прогибов так же, как при 100% прочности от 100% нагрузки.

Однако экспериментально установлен иной характер этой зависимости.

Проведенные испытания [54] установили, что прогибы находятся в допустимых пределах при расстоянии между переопираемыми стойками 2000...3000 мм и выходят за эти пределы при расстоянии более 3000 мм. Эти данные являются основой для определения оптимального количества переопираемых стоек. В зависимости от рассматриваемых схем переопирания, установлены оптимальные коэффициенты переопирания  $K_n$ .

Использование этих коэффициентов позволят определять оптимальный парк стоек переопирания в летних и зимних условиях, в зависимости от интенсивности выполнения бетонных работ.

В зависимости от размеров и площадей плит, установлено, что диагональная схема является более предпочтительной: коэффициент эффективности равен  $K_n = 0,63 - 0,897$  при сравнении величин захватываемых площадей. Это значит, что при требуемом количестве стоек на единицу площади – 100 шт. для прямой схемы переопирания, требуемое количество стоек по диагональной схеме определяется в количестве 63 - 86, т.е. намного меньше.

Таким образом, предложенные коэффициенты эффективности переопирания плит перекрытий позволяет определить оптимальное количество требуемых стоек в составе комплекта опалубки для возведения монолитного железобетонного каркаса при наборе прочности бетона до проектной.

Исследованиями [17] установлено, что при наборе прочности бетоном, составляющей 50% от проектной:

- переопирание с расстоянием между стойками до 4000 мм вызывают прогибы в допускаемых пределах;
- при расстояниях между стойками от 3000 до 4000 мм исследуемые прогибы по величине так же были в пределах допустимых;

- однако после демонтажа переопираемых стоек при достижении бетоном проектной прочности все плиты получали дополнительные прогибы по величине составляющих 20–25% от величины прогибов установленных при 50% прочности.

По этим результатам, для практического использования установлены следующие максимальные расстояния между стойками в зависимости от переопираемой прочности бетона:

- 1200 – 1500 мм при прочности бетона 35–40% от проектной;
- 1600 – 2000 мм при прочности 45–50%;
- 2100 – 2500 мм при прочности 55–60%;
- 2600 – 3000 мм при прочности 65–80%,

до окончательного набора прочности бетоном.

Рекомендуемые расстояния определены с запасом по установленным допустимым прогибам.

Результаты экспериментальных исследований [54] определили необходимость дальнейшего изучения зависимостей прогибов монолитных железобетонных плит перекрытий при переопирании для сочетания различных факторов.

Анализ опыта применения комплектов вертикальных и горизонтальных опалубок показывают, что существующие конструкции этих опалубок для бетонирования несущих конструкций выполняют только формообразующие функции.

Применение конструкций таких опалубок в зимнее время без дополнительного оборудования для организации обогрева бетона невозможно.

Остановимся вкратце на предлагаемых конструктивных решениях.

Как известно, использования дополнительного оборудования в технологии зимнего бетонирования влечет дополнительные трудовые и финансовые затраты, а также усложнение технологии и организации возведения жилых домов [25, 34, 54].

Для устранения этих недостатков разработаны конструкции греющих щитов опалубки, которые позволяют применять их в системной опалубке, которая при этом выполняет двойную функцию [6, 11, 13, 18, 30, 32, 52, 82, 188, 205, 206] – формообразующую и нагревательную.

Внедрение конструкций греющих щитов опалубки позволят производить обогрев бетона без использования дополнительного автономного оборудования.

Разработана конструкция греющего щита опалубки с электропроводным полимерным нагревателем, позволяющая без дополнительного оборудования организовать нагрев бетона [54].

Греющий щит включает основание (металлическое или фанерное) с металлическим каркасом, на котором расположены тепло- и электроизоляционные элементы с нагревателем из токопроводящей резины к которому по

проводам через муфты подводится электрический ток от понижающего трансформатора.

Тепло- и электроизоляционные элементы представляют собой камеры со сжатым воздухом в виде резиновых баллонов, плотно уложенных между нагревательными элементами и основанием.

Палуба и электронагревательный элемент выполнены из токопроводящей резины толщиной 10 мм.

Греющий щит позволяет осуществлять как кондуктивный нагрев, так и комбинированный обогрев бетона.

Разработан также греющий щит опалубки с эффективной теплоизоляцией [54] для термообработки бетона.

Щит состоит из жесткого влаго- и температуростойкого пенопласта с напрессованными слоями нагревателя из полиамида с токопроводящей бумагой, токопроводящими электродами и электропроводящими проводами.

Разработанные конструкции термоактивных щитов опалубки позволяют устанавливать греющие щиты на палубе любых систем опалубок, практически не имеют адгезии к бетону, исключают смазку палубы и благодаря эффективной теплоизоляции уменьшают расход электроэнергии на прогрев бетона в 2,5 – 3,0 раза [1].

Таким образом, комплексное внедрение конструктивных и технологических инноваций позволило существенно повысить технологичность, качество и производительность проведения опалубочных работ.

**Совершенствование технологии арматурных работ.** По трудоемкости арматурные работы составляют 45 – 50% от общей трудоемкости монолитных железобетонных работ; на строительной площадке основные арматурные работы выполняются вручную. С целью снижения трудоемкости и повышения качества арматурных работ используются арматурные заготовки. Для монтажа арматуры применяются укрупненные арматурные каркасы, которые собираются на специально отведенных местах для сборки арматурных каркасов; при этом уменьшается количество подъемов монтажного крана.

Монтаж укрупненных вязанных арматурных каркасов вертикальных железобетонных конструкций выполняется по следующему технологическому регламенту:

- транспортировка арматурной заготовки из производственной базы на строительную площадку;
- сортировка и складирование арматурных заготовок согласно маркировки;
- укрупненная сборка арматурных каркасов;
- строповка каркасов;
- установка каркасов в проектное положение и временное закрепление;
- соединения арматурных каркасов между собой внахлест вязкой;



- установка, при необходимости и согласно проекту, закладных деталей;
- установка пластмассовых фиксаторов для обеспечения защитного слоя.

Арматурные работы для горизонтальных железобетонных конструкций проводятся в соответствии с технологическим регламентом:

- транспортировка арматурной заготовки на строительной площадке;
- сортировка и складирование заготовок;
- строповка и подача ее на захватку;
- армирование по месту из отдельных арматурных стержней вязкой;
- установка закладных деталей в соответствии с проектом;
- установка пластмассовых фиксаторов.

При возведении монолитных железобетонных конструкций, как правило, применяются опалубки с фанерной или полимерной палубой, поэтому при выполнении арматурных работ запрещается выполнять сварочные работы и соединения выполняются холодным способом с помощью вязальной проволоки.

Арматурные заготовки поставляются из производственного цеха на строительную площадку комплектно, в соответствии с заказными спецификациями и графиком производства монолитных железобетонных работ.

На строительной площадке арматурные заготовки складировются в последовательности, которая принята для армирования железобетонных конструкций. Для обеспечения непрерывной работы специализированной бригады арматурщиков на строительной площадке создается запас заготовок на 3 – 4 захватки, согласно их очередности и объему работ каждой захватки.

С целью повышения выработки арматурщиков и обеспечения качества работ, целесообразно арматурные работы на строительной площадке выполнять двумя специализированными бригадами:

- бригада арматурщиков для выполнения армирования вертикальных железобетонных конструкций;
- бригада арматурщиков для выполнения армирования горизонтальных железобетонных конструкций.

После завершения арматурных работ перед бетонированием необходимо тщательно проверить выполненные работы согласно проекту и оформить соответствующие акты о приеме скрытых работ.

Таким образом, предложения по совершенствованию работ сводятся, по преимуществу, к организационным инновациям.

**Бетонирование монолитных железобетонных конструкций** состоит из двух этапов работ – подготовительных и основных.

Во время подготовительных работ тщательно проверяется качество предшествующих работ и уровень готовности захватки к бетонированию. Перед бетонированием подго-

товляют необходимый ручной инвентарь, электрические инструменты и механизмы. Очищают, а при необходимости промывают водой и продувают сжатым воздухом места укладки бетонной смеси. На бетонируемой захватке расставляют вибраторы, лопаты, скребки, гладилки, устраивают ограждения и защитные козырьки для обеспечения безопасных условий труда.

Основные работы выполняются в следующей последовательности:

- прием бетонной смеси на строительной площадке;
- проверка ее качества;
- укладка и уплотнение бетонной смеси;
- уход за бетоном.

Эти работы необходимо выполнять в непрерывной, четко соблюдаемой последовательности, без задержки. Невыполнение хотя бы одной из них до схватывания бетонной смеси ухудшит качество конечной продукции, что в конечном результате увеличит трудовые и финансовые затраты.

Для получения высококачественной конструкции необходимо использовать качественные материалы, правильно подобрать состав бетонной смеси, обеспечить современную технологию укладки и уплотнения бетонной смеси и создавать оптимальные условия для твердения бетона.

При поступлении бетонной смеси в автобетоновозах на строительную площадку инженер стройки должен организовать немедленную выгрузку бетонной смеси. Перед приемом бетонной смеси инженер по бетонным работам проверяет непосредственно на строительной площадке температуру поставляемой бетонной смеси и ее подвижность (удобоукладываемость) с помощью стандартного конуса, после чего принимаются решения о подаче бетонной смеси к месту укладки. Если после перемешивания в бочке автобетоновоза, подвижность бетонной смеси не соответствует проектной, инженер по бетонным работам обязан отправить бетонную смесь обратно на завод. Категорически запрещается добавлять воду в бетонную смесь на объекте.

Для организации непрерывного приема бетонной смеси за день до начала бетонирования инженер стройки дает заявку на бетонный завод о поставке смеси с указанием начала бетонирования, общего объема бетонной смеси и интервала поставки автобетоновозов на строительную площадку.

В бетонируемые конструкции бетонная смесь подается башенным краном в инвентарных бадьях (бункерах) емкостью  $1,0 \text{ м}^3$ . Время приема одной бадьи с бетонной смесью при бетонировании перекрытия не должно превышать 5 – 7 мин, а при бетонировании вертикальных конструкций – 8–10 мин.

Предлагается состав бригады бетонщиков из 6 – 8 человек, из которых один принимает бетонную смесь с автобетоновоза в бадью, 3 – 4 человека принимают бетонную смесь на перекрытии, а 2 – 3 человека принимают бетонную смесь в вертикальные конструкции.

Так как прием бетонной смеси в вертикальные конструкции требует больше времени, чем при бетонировании перекрытия, рекомендуется сначала бетонировать перекрытие, а последнюю бадью с каждого автобетоносмесителя использовать для бетонирования вертикальных конструкций. Это позво-

ляет уменьшить время разгрузки бетонной смеси с одного автобетоносмесителя и при этом увеличить количество рейсов.

При бетонировании вертикальных конструкций в пределах одной захватки рекомендуется одновременно бетонировать 2 – 3 вертикальные конструкции послойно (по 400 – 500 мм) по всей длине, при этом время разгрузки одной бадьи в вертикальные конструкции можно уменьшить.

Бетонную смесь следует укладывать в бетонируемые конструкции горизонтальными слоями одинаковой толщины без разрывов, с последовательным направлением укладки в одну сторону во всех слоях.

При уплотнении бетонной смеси не допускается опирание вибраторов на арматуру, закладные детали и элементы крепления опалубки. Глубина погружения вибратора (глубинного) в бетонную смесь предыдущего слоя должна составлять не менее чем 50 – 100 мм.

Верхний уровень бетона вертикальных конструкций должен быть ниже от верха щитов опалубки не менее чем на 100 мм.

В начальный период твердения бетона необходимо бетонируемые конструкции защищать от попадания атмосферных осадков или потерь влаги, а в последующем поддерживать температурно-влажностный режим с созданием условий, обеспечивающих нормальное нарастание прочности.

Непрерывное бетонирование обеспечивает наилучшее качество монолитных железобетонных конструкций, однако по технологическим и организационным причинам этого достичь не всегда возможно, поэтому, как правило, в плитах проектом предусматриваются рабочие швы.

Рабочий шов бетона образуется, если последующий слой бетонной смеси укладывают при полностью затвердевшем предыдущем слое. Рабочий шов бетона отличается тем, что величина сцепления нового бетона со старым значительно ниже, чем в бетоне без шва, и вследствие этого уменьшается морозостойкость, водонепроницаемость, а также ухудшается внешний вид конструкции.

Для уменьшения этого необходимо, перед укладкой свежей бетонной смеси, удалить с поверхности шва рыхлые слои бетона и цементной пленки, по всей длине рабочего шва выполнить насечку, произвести очистку от грязи, промывку и продувку сжатым воздухом. Поверхность рабочего шва увлажняют, при необходимости шов обрабатывают цементным раствором, что способствует обеспечению необходимой прочности и улучшению эксплуатационных качеств монолитных железобетонных конструкций [54].

Для контроля прочности бетона, производится отбор контрольных образцов с каждого объема 20 м<sup>3</sup> бетонной смеси.

Таким образом, усовершенствования здесь в основном связаны с повышением *качества* и не носят характер инноваций парка оборудования. Улучшение технологичности процесса достигнуто за счет комплекса мероприятий, в котором конструктивные инновации сыграли ключевую роль.

## 5.5. Оптимизация материально-технических и трудовых ресурсов и обеспечение качества работ

**Влияние состояния поверхности опалубки на качество готовой конструкции.** Состояние поверхности конструкций во многом зависит от величины сцепления бетона с опалубкой, которая характеризуется адгезией.

В технологии монолитно-каркасного домостроения в последнее время широкое применение имеет комплект опалубки с водостойкой фанерной палубой. Однако использование водостойкой фанеры без антиадгезионных смазок нецелесообразно, так как фанера обладает достаточно высокой адгезией.

Для оценки степени сцепления конструкций палубы щита опалубки с различными покрытиями были проведены сравнительные испытания.

*Испытывались* адгезионные свойства палубы опалубок, изготовленных из различных материалов:

- стали;
- стали со смазкой;
- фанеры водостойкой;
- фанеры водостойкой со смазкой;
- полимерное покрытие (полиамид или полипропилен).

*Измерялись* адгезионные свойства опалубок (оценивались по величине нормального сцепления бетона с поверхностью палубы щита опалубки).

*Испытываемые бетонные образцы* размером 1250x2500x200 мм приготавливались из бетона (класс по прочности В25 и В30) на портландцементных марках 500 с расходом соответственно 400 и 450 кг/м<sup>3</sup>. После формирования образцы либо выдерживались в нормальных условиях, либо прогревались до достижения бетоном прочности равной 70% от проектной.

*Измерительные приборы.* Усилие отрыва определялась динамометрами по отрыву не менее трех сторон опалубки: двух боковых и нижней с усреднением полученных значений.

*Результаты измерений* приведены в табл. 5.2.

**Таблица 5.2.** Величины нормального сцепления различных опалубок с бетоном

№ п/п	Материал палубы	Нормальное сцепление бетона с поверхностью палубы, Мпа			
		без нагрева		с прогревом	
		В25	В30	В25	В30
1.	Сталь без смазки	0,132	0,161	0,115	0,147
5.	Сталь со смазкой	0,090	0,081	0,063	0,068
5.	Фанера водостойкая без смазки	0,140	0,173	0,124	0,152
5.	Фанера водостойкая со смазкой	0,098	0,105	0,075	0,080
5.	Полимерное покрытие	0,010	0,021	0,0083	0,0090

*Анализ результатов.* Как показали исследования, на сцепление палубы с бетоном оказывает влияние главным образом материал палубы. Наи-

большим сцеплением обладает водостойкая фанера без смазки, а наименьшим – полимерное покрытие. Сцепление с бетоном для него ниже, чем у:

- стали со смазкой – в 20 – 50 раз;
- водостойкой фанеры – в 20 – 90 раз;
- стали без смазки – в 30 – 100 раз.

Применение смазки во всех случаях, кроме использования полимерного покрытия, уменьшило сцепление до 30 раз.

Определенное значение имеет и класс прочности бетона. Так, во всех случаях сцепление палубы щита опалубки с бетоном более низкого класса по прочности меньше у:

- стали без смазки – на 20%;
- стали со смазкой – на 35%;
- водостойкой фанеры – на 25%;
- водостойкой фанеры со смазкой – на 55%;
- полимерного покрытия – на 75%.

В качестве смазки была принята двухкомпонентная смесь из дизельного топлива и турбинной отработки с процентным отношением 70% к 30%.

**Комплексная механизация.** Транспортировка, укладка и уплотнение бетонной смеси в основном механизированы, однако опалубочные и арматурные работы чаще всего выполняются вручную. Для этих работ внедрение комплексной механизации имеет большое значение.

На строительной площадке, с целью уменьшения ручных процессов при производстве опалубочных работ, основные работы выполняются на производственных базах, в частности, создаются:

- стенд для сборки конструкций щитов опалубки;
- кондукторы для сборки и ремонта щитов опалубки.

Арматурные заготовки изготавливаются в производственных цехах, оснащенных механическими и электрическими механизмами, которые позволяют трудоемкие процессы выполнять механизированным способом.

На строительной площадке необходимо иметь комплект средств малой механизации, в который входят:

- глубинный вибратор с рабочим органом диаметром 30; 38; 51 мм и гибким валом длиной 2000 мм для уплотнения бетонной смеси и 4000 – 5000 мм для бетонирования вертикальных конструкций, а также балок и ригелей;
- электромеханическая виброрейка для уплотнения бетонной смеси горизонтальных конструкций при бетонировании плит перекрытий;
- понижающий трансформатор для питания вибраторов;
- для зимнего бетонирования масляный понижающий трансформатор мощностью 63 ÷ 80 кВт;
- бункер для приема бетонной смеси (бадья) емкостью 1 м<sup>3</sup>, который одновременно служит измерителем объема бетонной смеси, для этого с наружной стороны бункера (бадья)

имеются метки, которые позволяют определять объем бетона от 0,1 до 1,0 м<sup>3</sup>;

- затирочные электрические машины (с их помощью после демонтажа опалубки при необходимости затирают бетонные поверхности);
- электрическая дрель;
- перфоратор для сверления отверстий с целью закрепления опалубки вертикальной конструкции к бетонированному перекрытию;
- ручная электрическая циркулярная пила;
- электрический отбойный молоток для устранения дефектов в бетонных конструкциях, а также для очистки поверхностей конструкций от бетонных наплывов;
- сварочный трансформатор;
- компрессор (с помощью сжатого воздуха очищают палубу опалубки непосредственно перед бетонированием).

В зависимости от объемов монолитных железобетонных работ и сроков строительства, для каждого объекта выбор средств малой механизации производится согласно ППР.

**Планирование трудовых ресурсов** для монолитного строительства зависит от:

- технологии и организации возведения объектов;
- характеристик грузоподъемных механизмов;
- квалификации рабочих;
- сроков выполнения специализированных работ.

Существующая нормативная база не позволяет в достаточной степени точно определить трудоемкость отдельных специализированных работ возведения монолитных зданий, так как эти нормативы не учитывают полный технологический регламент монолитных железобетонных работ. Отсутствует также оценка применения современных опалубочных систем. Поэтому для реальной оценки трудовых затрат при возведении монолитных железобетонных конструкций предложен состав технологических регламентов отдельных специализированных работ и отдельных бригад по видам работ.

Арматурные и опалубочные работы выполняются в два этапа:

- заготовка арматурных изделий, сборка и укрепление щитов опалубки на производственных базах;
- работы непосредственно на стройплощадке.

Технологический регламент для заготовки арматурных изделий на производственных базах состоит из следующих процессов:

- разгрузка арматуры;
- подача отдельных партий арматурных стержней на переработку;
- чистка, правка и резка арматуры;

- заготовка отдельных арматурных элементов: Г-, П-, Z-образных изделий, а также фиксаторов для поддержания нижней и верхней арматурных сеток в плитах перекрытий;
- маркировка готовых арматурных изделий;
- погрузка арматурных изделий в транспортные средства.

Для заготовки арматурных изделий на производственных базах, в зависимости от объема работы, необходимы специализированные бригады арматурщиков в следующем составе:

- крановщик (машинист крана), V разряд – 1 чел.
- слесарь-электрик, VI разряд – 1 чел.
- заготовщик-арматурщик, V разряд – 1 чел.
- заготовщик-арматурщик, IV разряд – 1 чел.
- заготовщик-арматурщик, III разряд – 2 чел.
- разнорабочий – 1 чел.

Заработная плата бригады арматурщиков, работающих на производственных базах на заготовке арматурных изделий, начисляется от объема возведенных конструкций, т.е. определяется по конечной продукции, которая оценена техническим надзором.

Технологический регламент арматурных работ, которые выполняются на стройплощадке, включает следующий набор операций:

- разгрузка арматурных изделий;
- подача арматурных изделий на проектную отметку;
- монтаж арматурных каркасов, сеток и отдельных изделий в проектное положение;
- монтаж закладных элементов (по проекту).

Состав специализированной бригады арматурных работ на стройплощадке должен быть следующий:

- арматурщик, VI разряд – 1 чел.
- арматурщик, V разряд – 1 чел.
- арматурщик, IV разряд – 1 чел.
- арматурщик, III разряд – 2 чел.
- разнорабочий – 1 чел.

Определение состава технологического регламента опалубочных работ зависит от конструкции и состава используемого опалубочного комплекта. Исходя из этого, определяются трудозатраты опалубочных работ.

Для вертикальных монолитных железобетонных конструкций технологический регламент крупнощитовых опалубочных работ состоит из следующих переделов:

- разгрузка крупнощитовых опалубок;
- очистка щитов опалубки;
- смазка щитов опалубки;
- установка одной стороны конструкции щита опалубки;
- установка проемообразователей (при необходимости);

- установка пластмассовых трубок и конусов – фиксаторов для обеспечения толщины конструкции;
- установка второй стороны конструкции щита опалубки с торцевыми отсечками;
- крепление с помощью фиксаторов и подкосов, выверка и установка опалубки в проектное положение;
- зашивка щелей (при необходимости);
- монтаж подмостей на опалубку;
- окончательная выверка опалубки после укладки и уплотнения бетонной смеси.

Технологический регламент демонтажа опалубок из крупнощитовых элементов состоит из следующих переделов:

- снятие фиксаторов и подкосов опалубки;
- отделение щитов от бетонируемых поверхностей;
- снятие проемообразователей;
- перестановка щитов опалубки;
- снятие пластмассовых трубок и конусов;
- очистка щитов опалубки;
- смазка щитов опалубки;
- складирование элементов опалубки.

Специализированная бригада для выполнения опалубочных работ по установке опалубки для бетонирования вертикальных конструкций должна иметь следующий профессиональный состав:

- монтажник вертикальной опалубки, VI разряд – 1 чел.
- монтажник вертикальной опалубки, V разряд – 1 чел.
- монтажник вертикальной опалубки, IV разряд – 1 чел.
- монтажник вертикальной опалубки, III разряд – 2 чел.
- плотник IV разряда – 1 чел.
- плотник III разряда – 1 чел.
- разнорабочий – 1 чел.

При возведении горизонтальных монолитных железобетонных конструкций состав технологического регламента зависит от конструкции опалубки и характерных размеров бетонируемых конструкций.

Технологический регламент установки опалубки плит перекрытий состоит из следующих переделов:

- разгрузка опалубки на стройке;
- подача элементов опалубки на монтажной горизонт;
- монтаж телескопических стоек;
- крепление стоек с помощью треног;
- монтаж унивиллок;
- монтаж главных балок;
- монтаж второстепенных балок;
- горизонтальная выверка опалубки;



- устройство настила из водостойкой фанеры;
- установка проемообразователей на фанерной палубе;
- устройство боковых отсечек в местах рабочего шва бетона;
- очистка опалубки;
- смазка опалубки;
- окончательная горизонтальная выверка опалубки по фанерной палубе;
- дополнительное усиление балки стойками.

Демонтаж опалубки плит перекрытий производится в следующей последовательности:

- переопирание несущими стойками под фанерной палубой рядом с монтажными стойками;
- опускание телескопических стоек;
- демонтаж главных и второстепенных балок;
- снятие унивилкок,
- демонтаж фанеры,
- очистка опалубки,

Специализированная бригада для монтажа и демонтажа горизонтальной опалубки имеет следующий профессиональный состав.

- монтажник, IV разряд – 1 чел.
- монтажник, III разряд – 1 чел.
- плотник, VI разряд – 1 чел.
- плотник, V разряд – 1 чел.
- плотник, IV разряд – 1 чел.
- плотник, III разряд – 2 чел.
- разнорабочий – 2 чел.

Лестничные марши бетонируются в построечных условиях в опалубочных формах, после определенного выдерживания бетона. Готовый марш монтируется в проектное положение краном.

**Контроль качества монолитных железобетонных работ.** Только регулярный и оперативный контроль качества работ на всех этапах производства обеспечивает высокое качество конечной продукции – монолитных железобетонных конструкций. Для поэтапного систематического контроля качества работ необходимо организовывать группу сотрудников, в которую входят представители: строительной лаборатории; проектной организации, технический надзор, а также инженер по качеству монолитных железобетонных работ от подрядной организации.

**Контроль качества бетонной смеси.** Бетонная смесь поставляется на строительную площадку в автобетономешалках строго по почасовому графику поставки, где указывается дата и интервал поставки бетонной смеси.

Образцы бетонной смеси на строительной площадке до укладки в опалубку оперативно проверяются на подвижность. Также забиваются контрольные образцы для дальнейшей проверки бетона по классу на сжатие.

На строительной площадке организуется регулярный контроль подачи, укладки и уплотнения бетонной смеси, для этой цели на объекте постоянно находится инженер-технолог по бетону.

**Геодезический контроль.** Опыт возведения монолитных железобетонных конструкций показывает, что для оперативной организации поэтапного контроля качества бетонных работ необходимо геодезическое обеспечение контроля с применением прогрессивных измерительных приборов, которое позволяет в процессе возведения монолитных конструкций быстро провести необходимые измерения и сразу же их обработать.

Поскольку технологические ошибки и ошибки геодезических измерений сказываются на качестве конечной продукции, особое внимание необходимо уделять повышению точности измерений. Это достигается за счет использования современных измерительных приборов, позволяющих предельно уменьшить перенос и передачу ошибок с одного этапа работ на другой, а также уменьшить подготовку после каждого этапа работ.

Для оперативной и регулярной организации эффективного геодезического контроля, до начала монолитных железобетонных работ разрабатывается проект геодезических работ. В проекте отражаются схемы:

- построения основных осей монолитных зданий;
- размещения осевых знаков и способы их закрепления;
- геодезического контроля точности возводимых домов;
- проведения исполнительных геодезических съемок зданий по отдельным этапам работ;
- организации геодезических наблюдений за деформациями строящегося дома, как в процессе возведения, так и после строительства, на период не менее десяти лет.

Разбивочные работы при возведении монолитных железобетонных конструкций производятся в следующей последовательности:

- исходя из опорных пунктов геодезической сети, выносят основные оси строящегося объекта и закрепляют их на местности.
- согласно схеме закрепленных основных осей, разбивают дополнительные оси.
- от основных и дополнительных осей производят разбивку конструкции сооружения.

Непосредственно на строительной площадке закладываются реперы (не менее двух), а также определяются отметки закрепленных пунктов основных осей строящегося дома.

На возводимой фундаментной плите (ростверке) выносится уровень чистого пола первого этажа – исходная (нулевая) отметка строящегося дома.

Разбивку дополнительных осей строящегося дома на исходном и монтажном горизонте нужно производить путем непосредственных промеров расстояний от основных осей. При этом вместо дополнительных осей могут быть вынесены линии, параллельно смещенные относительно осей и граней конструкций.

По мере возведения конструкций, оси выносятся на уровень возводимых этажей и закрепляется краской. После подъема всех точек основы на перекрытие (монтажный горизонт) производят контрольные измерения расстояний. Допустимое расхождение определяется из расчета точности для данного типа конструкции и должно находиться в пределах 2-5 мм. Очень удобным методом при строительстве монолитных железобетонных конструкций при передаче осей на рабочие горизонты является метод вертикального проектирования. Для этого в отверстия на монтажном горизонте закрепляется координатная палетка, которая имеет шаг  $1 \times 1, 5 \times 5$  или  $10 \times 10$  мм.

По подписанной координатной сетке определяют фиксированное положение вертикальной линии визирования абсциссой ( $x$ ) и ординатой ( $y$ ). Эту точку принимают на монтажном горизонте за центр вынесенного базисного пункта. Вынесенные таким способом пункты базиса образуют базисную систему каждого монтажного горизонта. Точность взаимного расположения пунктов проверяют с помощью теодолита или линейными промерами.

Описанные построения служат основой для разбивки осей, установки и выверки бетонируемых конструкций. Применяемые приборы PZL, ПВП (прибор вертикального проектирования) обеспечивают точность передачи осей около 2-х мм на 100 м.

Разбивка вертикальных элементов производится от вынесенных ранее основных осей с закреплением габаритов элемента на монтажном горизонте. Вынос производится с помощью теодолита и рулетки и закрепляется краской. Для точности установки вертикальной опалубки на конструкции делаются и закрепляются выноски. При установке опалубки методом промера от выноски обеспечивается точное горизонтальное положение вертикального элемента. Установку вертикальных конструкций производят с помощью теодолитов, установленных в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, либо отвеса или строительного уровня.

После всех проверок, установленный элемент вертикальной конструкции бетонируют. После бетонирования и снятия опалубки на вертикальном элементе выносят взаимно-перпендикулярные оси и закрепляют их краской. Проверяют также вертикальность элемента; величину отклонения заносят в исполнительную схему.

Величина отклонения конструкции от вертикали должна быть не более 15 мм на всю высоту. Габаритные размеры могут отличаться от проектного размера на -2, +5 мм. Отклонения в плане не допускаются.

Вертикальная планировка монолитных железобетонных конструкций заключается в установке горизонтальной опалубки на заданную отметку. Для этого на вертикальных элементах на монтажном горизонте выносят условные отметки +1000 мм от чистого пола, являющиеся исходными для установки опалубки на перекрытии и заливки чистых полов. Горизонтальная опалубка устанавливается методом выноса точки с заданной проектной отметкой. С помощью нивелира и рейки добиваются установки опалубки перекрытия в горизонтальное положение. Применяются нивелиры типа Н-3, Н-3КЛ, 2Н-3КП и телескопические геодезические рейки длиной 3000–5000 мм.

Точность установки опалубки должна соответствовать следующим допускам:

- местные неровности не более 5 мм;
- величина отклонения участка на всю длину не более 20 мм.

После бетонирования перекрытия производится геодезическая съемка (нивелировка) перекрытия с занесением данных на исполнительную схему.

При возведении монолитных железобетонных каркасов производится разбивка проеомобразователей от основных осей сооружения, вынесенных ранее методом промера. Вертикальное и горизонтальное положение проеомобразователей закрепляются на опалубке гвоздями. Точность вертикального положения обеспечивается при помощи нивелировки.

**Контроль деформаций.** Неравномерные деформации в конструкциях зданий обусловлены неравномерной осадкой фундаментов, которые являются следствием неодинакового, динамического действия нагрузок на фундаменты и не равных по величине деформаций основания. Последние могут быть вызваны различными факторами, а именно: неоднородностью сложения грунтового основания, гидрогеологическими условиями, связанными с колебанием уровня грунтовых вод, наличием в основаниях лессовых, пучинистых и т. п. грунтов.

Осадки от собственной массы сооружения, по мере уплотнения грунтов в основании с течением времени, прекращаются. Причем, как правило, в песчаных грунтах осадки затухают быстрее, чем в глинистых грунтах, в которых осадки происходят с незначительными скоростями вначале и медленно затухают в течение 10 – 15 и более лет.

Систематические измерения осадок фундаментов являются одним из основных методов изучения деформации сооружений. Результаты таких наблюдений являются главными материалами, характеризующими устойчивость основания и сооружения в целом, что позволяет своевременно принять меры по предупреждению деформаций, а также дать необходимые данные для уточнения методов расчета оснований, установлению предельных и за-предельных величин осадок для различных грунтов и групп сооружений. Для наблюдения за осадками в основаниях фундаментов сооружения закладываются осадочные марки.

Проект размещения марок составляют с учетом конструкции фундамента и поставленных задач в исследовании осадок сооружения. После закладки марок их привязывают к отдельным выступам зданий и составляют исполнительный план их размещения.

Высотной основой для измерения осадок сооружения является сеть фундаментальных реперов, устанавливаемых на некотором расстоянии от сооружения с таким расчетом, чтобы осадочные процессы здания не оказывали влияние на их положение. Таких реперов у исследуемого сооружения должно быть не менее трех-четырех.

Наблюдения за осадками начинают с нивелирования опорных реперов высокоточным геометрическим нивелированием. Измерение осадок сводится

к прокладыванию нивелирных ходов по заложенным в цоколе здания маркам между опорными реперами. Такие наблюдения проводят по циклам, частота которых зависит от интенсивности осадки сооружения.

После наблюдений за осадками обрабатывают данные нивелировки и вычисляют отметки всех осадочных марок. По результатам составляют ведомости, в которых указывают величины осадок отдельных марок между двумя последними циклами и суммарные осадки с начала наблюдений.

По данным наблюдений принимают соответствующие меры для нормальной дальнейшей эксплуатации здания.

Важным фактором развития недопустимых деформаций в конструкциях зданий повышенной этажности является неравномерное распределение и динамическое действие нагрузок от пульсации ветра и сейсмике.

Ветровые нагрузки в высотных зданиях воспринимаются, в основном, ядром жесткости здания, которое создается в области лестничных клеток, а затем диафрагмами жесткости из удлиненных железобетонных вертикальных элементов в направлениях цифровых и буквенных осей здания и, в минимальной степени, колоннами с большим размером сечения 600 – 2500 мм. Жесткость всех этих элементов при разработке расчетной схемы здания не подбирается расчетом для равномерного распределения усилий, поэтому не обеспечивается равномерное распределение на фундаментах усилий от ветровой нагрузки, которые в высотных зданиях с учетом пульсации достигают существенных величин.

Распределение усилий от ветровой нагрузки в конструкциях здания прямо пропорционально их жесткости. Жесткость всего здания в монолитно-каркасном варианте расчленена на жесткости его составляющих вертикальных элементов, которые каждая, сами по себе, передают на фундаментах ту часть нагрузки, которая складывается от вертикально действующих постоянных и временных нагрузок и горизонтальных усилий и момента от кратковременной ветровой нагрузки. Все эти нагрузки и усилия, в определенной степени приближения к реальным, вычисляются с использованием современных автоматизированных программ, где учитывается совместная пространственная работа здания совместно с фундаментом и основанием здания.

Однако расчет и определение усилий выполняется с ориентировочным заданием проектируемого фундамента (плитный, сплошной или расчлененный на части ростверковая плита с условно назначенной длиной и сечением свай и т.п.). После расчета каркасной схемы здания выдаются нагрузки и усилия на фундаментах под каждую вертикальную конструкцию. По этим нагрузкам и усилиям выполняется расчет фундамента и окончательно определяется рабочая конструкция фундамента (без перерасчета всего здания и фундамента в целом). Поэтому определенная доля запаса прочности конструкции фундамента и его основанию всегда будет отличаться по своей величине в расчлененных ростверковых фундаментах в свайном варианте или отдельно стоящих, не свайных фундаментах, под объединенные в отдельные группы вертикальные конструкции.

Наиболее часто используемым для снижения неравномерных деформаций в несущих конструкциях здания является фундамент со сплошной плитой по всему пятну здания (со сваями или без них). Однако в стесненных городских условиях строительства, где под пятном здания зачастую оказываются конструкции различных коммуникационных сетей, фундамент здания чаще всего не удается выполнить в виде сплошной плиты и его приходится членить на части, увеличивая тем самым возможность проявления неравномерных деформаций в высотных зданиях. В данном случае приходится идти на увеличение запаса прочности для надежной совместной работы фундамента с основанием. Однако проявление неравномерных деформаций в здании при этом всегда присутствует.

Наиболее надежным, т.е. устойчивым к неравномерным деформациям являются здания в монолитно-каркасном исполнении. Они гораздо устойчивее зданий, выполненных из сборных железобетонных элементов или кирпичных с несущими продольными и поперечными стенами. За счет своей массивности, здания повышенной этажности из таких конструкций более чувствительны к сейсмическим нагрузкам, их фундаменты менее экономичны, а высотность, по сравнению с монолитно-каркасными, ограничена.

**Особенности охраны труда.** Возведение монолитных железобетонных зданий имеет особенности по организации охраны труда, которые связаны с многообразием технических средств, используемых материалов и мокрых процессов, выполняемых на строительной площадке.

При разработке технологического проекта учитываются требования техники безопасности для каждого специализированного процесса, где необходимы специальные средства защиты и мероприятия по охране труда.

**Введение специальных обозначений.** При выполнении монолитных железобетонных работ для всех специализированных процессов выделяются на строительной площадке отдельные участки: изготовления и укрупнения арматурных каркасов; бетонирования лестничных маршей и мелких нетиповых железобетонных элементов; приема бетонной смеси; участок складирования и подготовки опалубки. Все эти участки должны быть ограждены и снабжены табличками с названиями участков.

**Оснащение участка навесами и подмостями.** При изготовлении и арматурных каркасов в ночное время, а также во избежание климатических воздействий и шума, участок оборудуется инвентарными навесами.

Для монтажа и демонтажа крупнощитовой опалубки необходимо установить рабочий настил, который обрамляется перилами и лестницей для. Эти же подмости применяются при бетонировании конструкций.

Настилы навесных подмостей должны иметь ровную поверхность с зазором между досками не более 5 мм, а при расположении настила на высоте 1500 мм и более, оборудуется ограждениями и бортовыми элементами. Соединение щитов настила внахлест допускается только по длине; стыки должны располагаться на опоре и перекрывать ее на 200 мм в каждую сторону. При монтаже крупнощитовой опалубки в несколько ярусов, каждый последующий ярус следует устанавливать только после закрепления нижнего.

**Ограничения по условиям погоды.** Монтаж крупнощитовой опалубки, которая имеет большую парусность и габариты, а также при примыкании к возводимым зданиям, относится к работам повышенной опасности. При скорости ветра 10 м/сек и выше его необходимо прекращать. В остальных случаях опалубочные работы прекращаются при скорости ветра 15 м/сек и выше. В зимнее время опалубка должна очищаться от снега и наледи. Необходимо вести тщательный контроль за состоянием элементов опалубки.

**Устройство временных ограждений.** На каждом этаже по периметру здания в процессе возведения выставляются временные ограждения.

При возведении монолитных железобетонных каркасных зданий одновременное выполнение других строительных работ на разных этажах допускается при наличии не менее трех вышележащих этажей.

По периметру здания предусматривается защитный козырек из капроновой сетки шириной не менее 2500 мм.

**Охрана труда при применении электрообогрева бетона.** При организации термообработки бетона на строительной площадке необходимо все работы по электропрогреву увязывать и согласовывать с процессом бетонирования и выполнять под единым руководством. Зона электрообогрева должна находиться под постоянным контролем электриков, и выполнение каких-либо работ на этих участках не разрешается.

Электрообогрев монолитных железобетонных конструкций необходимо осуществлять при напряжении 49 – 75 В. Применяемые материалы, марки и сечения проводов и кабелей должны строго соответствовать проекту производства работ и технологической карте. После каждого перемещения электрооборудования, применяемого при электрообогреве, на новое место, следует визуально проверять состояние изоляции питающих кабелей и проводов, средств защиты, ограждений и заземления. В процессе электрообогрева необходимо следить за показаниями измерительных приборов, осуществлять тщательный контроль за оборудованием и проводами, не допускать нагрев контактных соединений. Все электрические соединения токоведущих частей должны иметь надежную плотность контактов. После каждого переключения или отключения напряжения необходимо проверять исправность всей разводящей сети, состояние контактов и трансформаторов. Электрокабели средств механизации должны быть защищены от всевозможного повреждения. Непосредственное соприкосновение кабеля с горячими поверхностями не допускается. В случае автоматического отключения защитно-отключающего устройства и при возникновении аварийной ситуации немедленно прекратить работу, отключить рубильники.

После завершения термообработки бетона необходимо отключить участок электрообогрева от электрической сети, убрать рабочее место, очистить инструменты, механизмы и приборы от бетонной смеси и грязи, вычистить средства индивидуальной защиты.

С целью безопасной организации, термообработку бетона запрещается выполнять:

- без ограждения зоны электрообогрева, отсутствии или недостаточном освещении;
- при обнаружении неисправности электрооборудования или электропроводки.

Кроме того, запрещается:

- измерять температуру бетона с помощью термометров при напряжении свыше 75 В без индивидуальных средств защиты;
- использовать в качестве заземляющего устройства водопроводную и теплосети;
- оставлять без надзора прогреваемый участок;
- вскрывать во время работы защитные кожухи и крышки, предохраняющие от соприкосновения с токоведущими частями электрооборудования;
- подавать напряжение на участок в случае нахождения на нем людей;
- нарушать технологическую последовательность работ по электрообогреву, предусмотренную технологической картой;
- размещать легковоспламеняющиеся материалы вблизи участков электрообогрева;
- производить повторное включение электрооборудования после срабатывания защиты, не обнаружив и не устранив причин отключения;
- производить соединение и рассоединение штепсельных разъемов без снятия с них напряжения;
- использовать при электрообработке напряжение выше указанного в проекте.

Таким образом, смысл предлагаемых в этом подразделе решений сводится к уточнению и дополнению действующей нормативной базы и к внесению, на этой основе, некоторых дополнений в технологическую цепочку. В целом, это делает технологию монолитного железобетонного строительства более адаптированной и эргономичной.

## **5.6. Производство монолитных железобетонных работ в различных климатических условиях**

**Методы тепловой обработки бетона** [2-7, 24]. Бетонирование монолитных конструкций в зимнее время требует применения специальных технологий, призванных обеспечить необходимые условия для твердения бетона вплоть до достижения им заданной прочности.

Весьма эффективное и экономичное безобогревное бетонирование с применением противоморозных добавок вступает, ввиду медленного твердения бетона, в противоречие с требованием высокой оборачиваемости комплекта опалубки. Аналогичная картина наблюдается для метода термоса.

Большее распространение получил электроразогрев бетонной смеси в бадьях, отличающийся низкой энергоемкостью и стоимостью. Однако необходимость в агрегатах большой мощности и повышенные ограничения по электробезопасности ограничивают его применимость.

Самым массовым способом зимнего бетонирования в настоящее время является электропрогрев бетона на строительной площадке. Метод имеет



множество различных модификаций, что расширяет сферу его применимости. В то же время ему присущи следующие недостатки:

- значительный расход металла на электроды и коммутационные провода;
- сложность управления процессом прогрева;
- неравномерность температурных полей в теле прогреваемых конструкций, предопределяемая неравномерностью электрических полей применяемых систем электродов;
- высокие трудозатраты на установке и коммутации электродов;
- в ряде случаев (при применении нашивных и, особенно, стержневых электродов, устанавливаемых через опалубку) – значительное снижение оборачиваемости опалубок.

Характер этих недостатков позволяет оценить степень их влияния на структуру и функции ТС МС, а именно: они ухудшают показатели на 5 и 6 уровнях, увеличивая также квалификационные требования (уровень 7).

Что же касается новых методов (индукционного, инфракрасного нагрева и т.д.), они имеют тот или иной недостаток, в значительной степени сдерживающий их распространение в строительном производстве.

Следует также отметить группу комбинированных методов зимнего бетонирования. Применяются сочетания:

- противоморозных добавок с предварительным электроразогревом бетонной смеси, электропрогревом или кондуктивным нагревом бетона;
- термоса с периферийным электропрогревом;
- предварительного электроразогрева бетонной смеси с индукционным нагревом; электропрогрева с кондуктивным нагревом и т.д.

Выбор любого комбинированного способа – это устранение или смягчение недостатков каждого из методов, входящих в комбинацию, за счет их совместного или последовательного применения. Однако полностью добиться этого не удастся. Наоборот, недостаток конкретного метода, входящего в комбинацию, переходит и на нее саму (следствие аддитивности комбинации и признак недостижения ею качества целостности). Так, если электропрогрев плохо сочетается с применением инвентарной унифицированной опалубки, то это присуще и его комбинации с любым другим методом, если область применения индукционного нагрева ограничивается лишь каркасными конструкциями, то это будет свойственно его сочетанию с любым другим методом. Кроме того, некоторые устройства, реализующие комбинированный нагрев, весьма сложны в исполнении.

Серьезным технологическим недостатком существующих методов электротермообработки бетона в зимних условиях является и то, что все они требуют применения дополнительных, автономных установок и устройств, специально предназначенных для термообработки бетона и не являющихся неотъемлемой частью комплекса агрегатов бетонирования. К таковым отно-

ются установки для электроразогрева (при применении предварительного электроразогрева бетонной смеси), электроды (при электропрогреве), индукторы (при индукционном нагреве) и инфракрасные нагреватели (при инфракрасном нагреве бетона). Применение этих установок и устройств требует дополнительных трудозатрат на их монтаж и демонтаж, эксплуатацию, текущий ремонт и содержание, а их использование носит сезонный характер в отличие от остальных устройств и приспособлений, применяемых в бетонных работах. На практике это приводит к сокращению срока службы упомянутых установок, необходимости почти ежегодного обновления их парка, что имеет своим следствием удорожание бетонлируемых конструкций.

Итак, и здесь недостатки отдельных методов определяют несовершенство 5-7 уровней ТС МС в целом, т.е. их влияние негативно сказывается на технологичности производства, качестве работ и производительности труда.

Средством усовершенствования является разработка многофункциональных устройств, которые, обеспечивая термообработку бетона, в то же время не выходили бы за рамки номенклатуры оборудования, требуемого для производства бетонных работ в летний период. Такие возможности открывает применение греющих опалубок с электропроводными полимерными покрытиями, совмещающих в себе функции формообразующего и нагревательного элемента, которые одновременно обеспечивают организацию комбинированного прогрева бетонных и железобетонных конструкций. Однако реализация намеченной программы сталкивается с неточностью расчета температурных полей в ряде случаев.

Таким образом, задача повышения технологичности монолитных железобетонных работ в зимнее время является теоретико-экспериментальной, поскольку конструктивным и технологическим инновациям должны предшествовать дополнительные теоретические исследования. Наличие последних обуславливает специфику инновационной оптимизации в данном случае. Это же относится и к технологии производства работ в условиях сухого и жаркого климата, с тем отличием, что там большее внимание уделяется экспериментальной части.

**Расчет температурных полей при кондуктивном нагреве монолитных железобетонных конструкций.** Степень эффективности термообработки и применяемых при этом технических средств в значительной степени предопределяется тем, насколько широки его возможности по реализации рациональных режимов тепловой обработки при разнообразных и меняющихся внешних условиях. При этом рациональным считаются те режимы, которые с наименьшими затратами времени и энергии позволяют создать наиболее благоприятные температурно-влажностные условия для ускоренного твердения бетона. Применительно к большинству методов электро-термообработки под этим, помимо уменьшения интенсивности тепло- и массообмена с окружающей средой, понимается обеспечение равномерного температурного поля в теле конструкции. Таким образом, информация о кинетике формирования температурных полей в бетоне при кондуктивном нагреве может послужить основой для оценки его энергетической эффективности.

Результат энергетического воздействия на бетон определяется не только его свойствами, но и условиями подачи и распределения энергии, видом и размерами прогреваемой конструкции, взаимосвязью с окружающей средой. Многообразие этих факторов и широкий диапазон их изменений делают весьма затруднительными экспериментальное изучение температурных полей. Температурные поля в твердеющем бетоне плохо поддаются масштабному моделированию, поэтому воспроизвести на небольших образцах температурные режимы термообработки реальных конструкций, за редким исключением, не удастся. Натурные же исследования сложны и громоздки.

В этих условиях плодотворным оказывается подход, базирующийся на анализе результатов численных или аналитических решений температурных полей, дополненных их выборочной экспериментальной проверкой на моделях или реальных конструкциях. Реализация этого подхода требует разработки математических моделей процессов формирования температурных полей.

Известно, что перенос энергии в твердеющем бетоне раннего возраста сопровождается изменением коэффициентов теплопереноса, действием внутренних источников тепла и стока массы, переносом вещества, внешним тепло- и массообменом, что в структуре математической модели этих процессов выражается как системы уравнений тепло- и массопереноса с внутренними источниками и фазовыми превращениями.

Бетон раннего возраста по своим физическим свойствам относится к капиллярно-пористым телам. Однако для практических целей построения достоверной картины температурного поля достаточно рассматривать лишь уравнение переноса энергии, пренебрегая влиянием на температурные поля термовлагопроводности и фильтрационного массопереноса, а также изменчивостью теплофизических характеристик твердеющего бетона [24, 54].

Таким образом, для бетона уравнение переноса энергии в общем виде можно записать как

$$C_B \gamma_B \frac{\partial T_B}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_B \frac{\partial T_B}{\partial x} \right) + C \frac{\partial Q}{\partial \tau}, \quad (5.25)$$

где  $C_B$  и  $\gamma_B$  – соответственно, удельная теплоемкость, Вт/кг·°С,  
и плотность бетона, кг/м<sup>3</sup>;

$\lambda_B$  – коэффициент теплопроводности бетона, Вт/м·°С;

$T_B$  – температура бетона, °С;

$\tau$  – время термообработки бетона, ч;

$C$  – удельное содержание цемента в бетоне, кг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – удельная теплота гидратации цемента, Вт/кг.

Для конкретизации (5.25) и представления его в форме, доступной для интегрирования, необходимо ввести в численные или функциональные значения теплофизических коэффициентов и интенсивности внутренних источников тепла.

Обобщение большого массива экспериментальных данных по определению теплофизических характеристик бетонов, выдерживаемых в изотермических условиях, позволило прийти к выводу о том, что с повышением температуры величина теплофизических характеристик изменяется незначительно. Это обстоятельство позволяет частично линеаризировать (5.25), вынеся  $\lambda_B$  за знак производной

$$\frac{\partial T_B}{\partial \tau} = a_B \nabla^2 T_B + \frac{\Pi}{C_B \gamma_B} \cdot \frac{\partial Q}{\partial \tau}, \quad (5.26)$$

где  $a_B$  – температурный коэффициент сопротивления,  $1/^\circ\text{C}$ .

Для получения частных решений уравнения или системы уравнений переноса энергии, к нему необходимо присоединить краевые условия. Типичной схемой кондуктивного нагрева конструкций в опалубках с полимерными электронагревателями является схема бесконечной двухметровой стены, охватывающая случаи кондуктивного нагрева стеновых и плитных конструкций. Правомерность сведения задачи к бесконечной стенке обусловлена плоскопараллельностью электрических и температурных полей электронагревателей по длине электродов. В этом случае система уравнений теплопереноса запишется в виде

$$\frac{\partial T_{pc}}{\partial \tau} = a_{pc} \left( \frac{\partial T_{pc}}{\partial x} + \frac{\partial T_{pc}}{\partial y} \right) \quad (5.27)$$

$$\frac{\partial T_B}{\partial \tau} = a_B \left( \frac{\partial T_B}{\partial x} + \frac{\partial T_B}{\partial y} \right) + \frac{\Pi}{C_B \gamma_B} \cdot \frac{\partial Q}{\partial \tau}, \quad (5.28)$$

где  $T_{pc}$  – температура разделительной стенки,  $^\circ\text{C}$ ;

$a_{pc}$  – температурный коэффициент сопротивления материала разделительной стенки,  $1/^\circ\text{C}$ .

Для того, чтобы представить температурное поле всей стенки, достаточно рассмотреть его лишь в области  $0 \leq x \leq l$ ;  $0 \leq y \leq \delta_{pc} + \delta_B$ :

$x=0$ ;  $0 \leq y \leq \delta_{pc} + \delta_B$ :

$$\frac{\partial T_{pc}}{\partial x} = 0 \quad (5.29)$$

$$\frac{\partial T_B}{\partial x} = 0 \quad (5.30)$$

$x=l$ ;  $0 \leq y \leq \delta_{pc} + \delta_B$ :

$$\frac{\partial T_{pc}}{\partial x} = 0 \quad (5.31)$$

$$\frac{\partial T_B}{\partial x} = 0 \quad (5.32)$$

$$y = 0; \quad 0 \leq x \leq l:$$

$$\lambda_{PC} \frac{\partial T_{PC}}{\partial y} = P - a (T_{PC} - T_e) \quad (5.33)$$

$$y = \delta_{PC}; \quad 0 \leq x \leq l:$$

$$\lambda_{PC} \frac{\partial T_{PC}}{\partial y} = - \lambda_B \frac{\partial T_B}{\partial y} \quad (5.34)$$

$$T_{PC} = T_B \quad (5.35)$$

$$y = \delta_{PC} + \delta_B; \quad 0 \leq x \leq l:$$

$$\frac{\partial T_B}{\partial y} = 0 \quad (5.36)$$

$$T_{PC}(x, y, 0) = T_{PC0} \quad (5.37)$$

$$T_B(x, y, 0) = T_{B0}, \quad (5.14)$$

где  $T_e$  – температура окружающей среды, °С;

$T_{PC0}, T_{B0}$  – начальная температура, соответственно, разделительной стенки и бетона, °С;

$a$  – коэффициент теплообмена с окружающей средой, Вт/м<sup>2</sup>°С.

С учетом температурного коэффициента сопротивления

$$P = \frac{P_0}{1 + \Delta T}; \quad (5.38)$$

где  $P$  – мощность электронагревателя, Вт;

$P_0$  – начальная мощность нагревателя, Вт.

После преобразований и введения обозначений

$$\alpha + P_0 = \tilde{\alpha} \quad (5.39)$$

$$\frac{\alpha T_b + P_0 + P_0 T_0}{\alpha + \varphi P_0} = \tilde{T}_b \quad (5.40)$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial X} = \alpha (T - T_b), \quad (5.41)$$

для интегрирования уравнения (5.28) при краевых условиях (5.29), (5.34) и (5.41) применяется метод конечных интегральных преобразований, дающий хорошие результаты при решении задач подобного класса.

В качестве ядра преобразований по координате  $X$  примем решение краевой задачи Штурма-Лиувилля [54]:

$$\frac{\partial^2 K(\gamma_m, X)}{\partial X^2} + \gamma_m^2 K(\gamma_m, X) = 0 \quad (5.42)$$

$$\frac{\lambda \partial K(\gamma_m, 0)}{\partial X} = \alpha K(\gamma_m, 0) \quad (5.43)$$

$$\frac{\partial K(\gamma_m, \delta)}{\partial X} = 0, \quad (5.44)$$

которое является гармонической функцией

$$K(\gamma_m, X) = \cos \gamma_m X + \frac{B_i}{\mu_m} \sin \gamma_m X, \quad (5.45)$$

$$\text{где } B_i = \frac{\alpha \delta}{\lambda} \text{ — критерий Био,} \quad (5.46)$$

$$\mu_m = \gamma_m \delta, \quad (5.47)$$

Собственные числа определяются как корни уравнения

$$T_g \mu_m = \frac{B_i}{\mu_m} \quad (5.48)$$

Нормирующий делитель

$$C_m = \int_0^\delta K^2(\gamma_m, X) dx = \frac{\delta}{2} \left( 1 + 2 \frac{B_i}{\mu_m} \frac{\sin^2 \mu_m}{\mu_m} + \left( \frac{B_i}{\mu_m} \right)^2 + \frac{\sin^2 2\mu_m}{2\mu_m} \left( 1 - \left( \frac{B_i}{\mu_m} \right)^2 \right) \right), \quad (5.49)$$

таким образом, ядром прямого преобразования по координате будет

$$\bar{K}(\gamma_m, X) = \frac{1}{C_m} K(\gamma_m, X) \quad (5.50)$$

После преобразования

$$\bar{T}(\gamma_m, \tau) = \int_0^\delta T(X, \tau) \bar{K}(\gamma_m, X) dX \quad (5.51)$$

с учетом условий (5.28), (5.42), (5.44) и (5.45), уравнение (5.26) обратится в обыкновенное дифференциальное уравнение

$$\frac{\partial \bar{T}(\gamma_m, \tau)}{\partial \tau} + a\gamma_m^2 \bar{T}(\gamma_m, \tau) = a \frac{\bar{\alpha}}{\lambda} \frac{1}{C_m} \tilde{T}_b + \frac{\Phi}{\gamma_m, C_m} \frac{B}{\mu_m} \tau^{-b\tau} \quad (5.52)$$

при начальном условии

$$T(\gamma_m, 0) = \frac{T_0}{\gamma_m, C_m} \frac{B_i}{\mu_m} \quad (5.53)$$

Решением уравнения (5.52) при условии (5.53), с учетом ранее введенных обозначений, будет

$$\begin{aligned} \bar{T}(\gamma_m, \tau) = & \frac{\alpha T_b + (1 + \varphi T_0) P_0}{\lambda} \frac{1}{\gamma_m, C_m} [1 - e^{\lambda \rho(-a\gamma_m^2 \tau)}] + \\ & + \frac{\Pi}{C\gamma} Qb \frac{1}{\gamma_m, C_m} \frac{B_i}{\mu_m} \frac{1}{a\gamma_m^2 - b} \left\{ (a\gamma_m^2 - b)\tau - 1 \right\} e^{\lambda \rho(-b\tau)} + e^{\lambda \rho(-a\gamma_m^2 \tau)} \left\{ + \right. \\ & \left. + \frac{T_0}{\gamma_m, C_m} \frac{B_i}{\mu_m} e^{\lambda \rho(-a\gamma_m^2 \tau)} \right\} \end{aligned} \quad (5.54)$$

Переход к оригиналу осуществится по формуле

$$T(X, \tau) = \frac{1}{\delta} \sum_{m=1}^{\infty} T(\gamma_m, \tau) K(\gamma_m, X) \quad (5.55)$$

Такая структура расчетов температурных полей позволила отдельно оценить вклад каждого источника и стока, участвующего в переносе тепла, в формирование температуры бетона в любой точке конструкции в произвольно выбранный момент времени. Если в расчетах пренебречь стоком тепла за счет ускорения, то применительно к периферийному электропрогреву бетона, близкому по своим тепло- и массообменным схемам кондуктивному нагреву, необходимо рассмотреть влияние трех следующих факторов: теплообмена с окружающей средой, теплопередачи от внешнего источника и тепловыделения цемента. Понижение температуры окружающей среды и увеличение коэффициента теплопередачи через ограждение приводят к уменьшению ско-

рости подъема температура на поверхности и, как следствие, к понижению интегральной скорости разогрева конструкции, а также перепадов температур по сечению. Наиболее важными факторами являются теплопередача от внешнего источника и тепловыделение цемента.

Из расчетов следует, что скорость и глубина проникновения теплового потока от внешнего источника в толщине конструкции при прочих равных условиях становятся более значительными, если плотность теплового потока выше на ее поверхности. Прирост температуры в глубине конструкции за счет теплопередачи от внешнего источника должен быть тем выше, чем выше электрическая мощность электронагревателей.

**Кондуктивный нагрев.** При кондуктивном нагреве восприятие энергии от внешних источников происходит через разделительную стенку, контактирующую с поверхностью прогреваемой конструкции. Поэтому весьма важно установить, каким образом и под влиянием каких факторов формируется температурный режим поверхности, определяющий тепловой режим конструкции в целом.

Температурный режим поверхности конструкции при кондуктивном нагреве в значительной степени зависит от сочетания плотности теплового потока, термического сопротивления тепло ограждения, температур окружающей среды и характерного размера конструкции.

Количество подаваемой к поверхности нагреваемой конструкции энергии можно определить по степени равномерности температурного поля, формирующегося в ней процессе нагрева. В качестве критерия равномерности температурного поля приняты максимальные величины температурных градиентов, представляющих отношение разности температур границ той или иной зоны обогреваемой конструкции к величине этой зоны. Как показали расчеты, величина максимальных температурных градиентов зависит от скорости разогрева покрытия и характерного размера конструкции. Так, с повышением скорости разогрева покрытия с 1 до 10<sup>0</sup>С/час максимальный температурный градиент конструкций с характерным размером  $\delta = 0,1$  м возрос с 0,2 до 1,9<sup>0</sup>С/см, а размером  $\delta = 0,2$  м – с 0,25 до 2,0<sup>0</sup>С/см.

При этом, чем больше определяющий размер, тем значительней с ростом скорости разогрева покрытия увеличивается градиент температур. Так, если при характерном размере  $\delta = 0,1$  м удельное увеличение градиента температур (на каждый град/час повышения скорости разогрева) составил 0,050 С<sup>0</sup>/см, то при размере  $\delta = 0,2$  м он увеличился до 0,06 С<sup>0</sup>/см;

- при  $\delta = 0,3$  м – до 0,078 С<sup>0</sup>/см;
- при  $\delta = 0,4$  – до 0,090 С<sup>0</sup>/см;
- при  $\delta = 0,5$  м – до 0,15 С<sup>0</sup>/см.

Полученные данные позволяют оценить возможность применения той или иной скорости разогрева покрытия, и, следовательно, нагревателя той или иной мощности в конкретных условиях обогрева монолитных конструкций. Если принять за критерий равномерности поля максимальный темпера-



турный градиент, равный  $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{см}$ , то максимальной скоростью разогрева покрытия для конструкций характерного размера будут:

- для  $\delta = 0,1\text{ м}$  –  $10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ ;
- для  $\delta = 0,2\text{ м}$  –  $8^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ ;
- для  $\delta = 0,3\text{ м}$  –  $7^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ ;
- для  $\delta = 0,4\text{ м}$  –  $6^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ ;
- для  $\delta = 0,5\text{ м}$  –  $5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ .

Поскольку, скорость разогрева покрытия определяется его удельной мощностью и температурой воздуха, то, благодаря полученным данным, можно связать эти скорости с величинами упомянутых параметров. В табл. 5.2 представлены максимально допустимые значения мощности нагревателей, исходя из условия максимально допустимых скоростей разогрева для конструкций различных размеров и температур окружающего воздуха.

**Таблица 5.3.** Допустимые значения мощностей электронагревателей

Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Максимально допустимая удельная мощность нагревателей ( $\text{кВт}/\text{м}^2$ ) при характерном размере конструкции (м)				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1	2	3	4	5	6
0	2,70	2,50	1,50	1,15	0,50
-10	2,70	2,50	1,70	1,30	0,75
-20	3,00	2,50	2,00	1,50	1,00
-30	3,00	2,70	2,20	1,80	1,20

Следует отметить, что указанные в табл. 5.3 значения мощности, вполне допустимые с точки зрения требуемой равномерности температурного поля в теле обогреваемых конструкций, не отвечают требованиям с точки зрения допустимых температур нагрева. Так, например, при мощности покрытия равной  $3,0\text{ кВт}/\text{м}^2$  температура его во всем диапазоне температур наружного воздуха превышает  $90^{\circ}\text{C}$ , что недопустимо для термообработки монолитного железобетона, приготовленного на обычных цементах.

Таким образом, на величины допустимых мощностей нагревателей необходимо наложить дополнительное ограничение по максимальной температуре термообработки бетона. Величины допустимых мощностей в зависимости от максимальных температур обогрева, температур наружного воздуха и характерного размера конструкции приведены в табл. 5.4. Там же даны скорости подъема температуры нагревателей соответствующих мощностей.

**Таблица 5.4.** Допустимые мощности электронагревателей

Максимальная температура обогрева Бетона, $^{\circ}\text{C}$	Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Максимально допустимая мощность ( $\text{кВт}/\text{м}^2$ ) нагревателей (числитель) и реализующаяся скорость разогрева ( $^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ ) (знаменатель) при характерном размере конструкции (м)				
		0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
1	2	4	5	6	7	8
	0	$\frac{0,10}{6,0}$	$\frac{0,10}{6,0}$	$\frac{0,10}{6,0}$	$\frac{0,10}{6,0}$	$\frac{0,10}{6,0}$
	-10	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$

60		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	-20	<u>0,55</u> 4,0	<u>0,55</u> 4,0	<u>0,55</u> 4,0	<u>0,55</u> 4,0	<u>0,55</u> 4,0
	-30	<u>0,90</u> 3,0	<u>0,90</u> 3,0	<u>0,90</u> 3,0	<u>0,90</u> 3,0	<u>0,90</u> 3,0
70	0	<u>0,40</u> 8,0	<u>0,40</u> 8,0	<u>0,40</u> 8,0	<u>0,40</u> 8,0	<u>0,40</u> 8,0
	-10	<u>0,80</u> 6,5	<u>0,80</u> 6,5	<u>0,80</u> 6,5	<u>0,80</u> 6,5	<u>0,80</u> 6,6
	-20	<u>1,00</u> 5,0	<u>1,00</u> 5,0	<u>1,00</u> 5,0	<u>1,00</u> 5,0	<u>1,00</u> 5,0
	-30	<u>1,20</u> 4,0	<u>1,20</u> 4,0	<u>1,20</u> 4,0	<u>1,20</u> 4,0	<u>1,20</u> 4,0
80	0	<u>1,00</u> 9,5	<u>1,00</u> 9,5	<u>1,00</u> 9,5	<u>1,10</u> 9,0	<u>1,10</u> 9,0
	-10	<u>1,30</u> 10,0	<u>1,30</u> 10,0	<u>1,30</u> 10,0	<u>1,40</u> 9,5	<u>1,40</u> 9,5
	-20	<u>1,50</u> 10,0	<u>1,50</u> 10,0	<u>1,50</u> 10,0	<u>1,60</u> 9,0	<u>1,60</u> 9,0
	-30	<u>1,70</u> 9,5	<u>1,70</u> 9,5	<u>1,70</u> 9,5	<u>1,80</u> 9,0	<u>1,80</u> 9,0

Предельная температура поверхности обогреваемой конструкции рассматривается как предельная температура электронагревателя зависит от:

- теплофизических свойств бетона, характеризующих тепловосприятие конструкции;
- коэффициента теплопередачи через опалубку и температуры наружного воздуха, определяющих интенсивность теплообмена конструкции с окружающей средой;
- начальной удельной электрической мощности нагревателя;
- показателя температурного коэффициента сопротивления нагревателя, обуславливающего изменчивость его электротехнических свойств в процессе обогрева конструкции.

Для технологии зимнего бетонирования в важно установить зависимость предельной температуры электронагревателей от его начальной мощности и температуры наружного воздуха.

Расчеты по полученному аналитическому решению показали, что с повышением удельной мощности электронагревателей с 0,5 до 3,0 кВт/м<sup>2</sup>, величина его предельной температуры повышается в 1,5 – 2,50 раза. Что же касается влияния температуры наружного воздуха, то оно тем выше, чем ниже удельная мощность электронагревателей. Так при начальной удельной мощности электронагревателей 3 кВт/м<sup>2</sup> предельная его температура с понижением температуры наружного воздуха с 0<sup>0</sup>С до 30<sup>0</sup>С уменьшилась на 10<sup>0</sup>С, а при мощности 0,5 кВт/м<sup>3</sup> – на 15<sup>0</sup>С.

Время достижения предельных температур также зависит от величины удельной мощности электронагревателей и температур наружного воздуха. Так с повышением удельной мощности электронагревателей с 0,5 до 3,0 кВт/м<sup>2</sup> время достижения предельной температуры уменьшается в 1,3 – 2,0

раза. Влияние температуры наружного воздуха здесь также тем более заметно, чем ниже удельная мощность электронагревателей. Так, при удельной мощности  $3,0 \text{ кВт/м}^2$  время достижения предельной температуры с понижением температуры наружного воздуха всего на 1,0 часа, а при мощности  $0,5 \text{ кВт/м}^2$  - на 4,0 часа.

Полученные величины предельных температур электронагревателей и времени их достижения позволяют установить средние скорости разогрева поверхности конструкций в зависимости от удельной мощности греющей опалубки и температур наружного воздуха. Они изменяются в весьма широких пределах, увеличиваясь с повышением удельной мощности электронагревателей и уменьшаясь с понижением температуры наружного воздуха. Так, с повышением удельной мощности электронагревателей с  $0,5$  до  $3,0 \text{ кВт/см}^2$ , скорость подъема температуры поверхности конструкции увеличивается в зависимости от температуры наружного воздуха в  $2,0 - 3,5$  раза [54]. Что касается зависимости скорости разогрева от температур наружного воздуха, то она близка к линейной [54]. Независимо от величины мощности опалубки, с понижением температур наружного воздуха от  $0$  до  $-30^\circ\text{C}$  скорость разогрева всюду уменьшается примерно на одну и ту же величину –  $3^\circ\text{C/ч}$ .

Экспериментальные исследования показали, что температурное поле на поверхности обогреваемой конструкции практически равномерно, что позволяет свести задачу расчета температурного поля к одномерной [54].

Сопоставление расчетных и опытных данных по измерению температурных полей показали, что при соответствии условий поставленной задачи реальным условиям обогрева, расхождения между ними не превышает  $3\%$ , чего вполне достаточно для практических расчетов.

Электронагреватели имеют предельную температуру и соответствующую скорость разогрева в зависимости от их мощности и температуры наружного воздуха, что способствует реализации саморегулирующегося режима обогрева конструкций. При этом в зависимости от указанных факторов предельная температура нагревателей мощностью от  $0,10$  до  $3,0 \text{ кВт/м}^2$  меняется в пределах от  $35$  до  $80^\circ\text{C}$ , а скорость разогрева – от  $3$  до  $10^\circ\text{C/ч}$ .

Температурные градиенты в теле обогреваемой конструкции от мощности электронагревателей, температуры наружного воздуха и характерного размера конструкции и в диапазоне мощностей от  $0,1$  до  $3,0 \text{ кВт/м}^2$  и температур наружного воздуха от  $0$  до  $-30^\circ\text{C}$  колеблются от  $0,1$  до  $1,8^\circ\text{C/см}$ .

Исходя из нормированного градиента температур, равного  $1,0^\circ\text{C/см}$ , можно считать максимально допустимой скоростью разогрева покрытий для конструкций характерного размера:

- для  $\delta = 0,1 \text{ м}$  –  $10^\circ\text{C/ч}$ ;
- для  $\delta = 0,2 \text{ м}$  –  $8^\circ\text{C/ч}$ ;
- для  $\delta = 0,3 \text{ м}$  –  $6^\circ\text{C/ч}$ ;
- для  $\delta = 0,4 \text{ м}$  –  $5^\circ\text{C/ч}$ ;
- для  $\delta = 0,5 \text{ м}$  –  $3^\circ\text{C/ч}$ .

При проектировании и производстве кондуктивного нагрева монолитных железобетонных конструкций в греющих опалубках электронагреватели необходимо выбирать исходя из максимально допустимого температурного градиента в теле обогреваемой конструкции, а также максимально допустимой температуры обогрева бетона.

**Комбинированный прогрев с применением полимерных электронагревателей.** Предлагаемый способ основан на использовании эффекта «стекания тока» на твердеющий бетон, вступивший в электрический контакт с наполнением электропроводным полимером. Возможны три его варианта.

*При реализации первого варианта* на начальном этапе термообработки, когда бетон обладает достаточно высокой электропроводностью, противолежащие электроды присоединяются к разноименным фазам питающей сети. В этом случае током обмениваются противолежащие электроды, и, возможно, и непосредственно полимерные электронагреватели по всей площади. Благодаря этому, тепло выделяется во всей толщине конструкции.

На втором этапе, когда проводимость бетона падает настолько, что даже максимально возможных напряжений питающей сети будет недостаточно, чтобы «пробить» всю толщину бетона, и повышение его температуры прекратится, разноименные фазы питающей сети подключаются к каждой паре смежных электродов. В этом случае токообмен будет происходить между смежными электродами. Вначале, пока бетон обладает еще некоторой проводимостью – через периферийные слои прогреваемой конструкции и через тепло полимерного нагревателя, а затем, когда электропроводность бетона приблизится к нулю – лишь через нагреватель.

Таким образом, на некоторых стадиях термообработки происходит сквозной электропрогрев, который можно использовать для подъема температуры бетона до заданного уровня. Затем имеет место комбинация периферийного и кондуктивного нагрева с постепенным уменьшением доли первого и увеличением доли последнего, на завершающей стадии которой происходит только кондуктивный нагрев. При этом схемы можно использовать для поддержания постоянных температур бетона на тепловоспринимающих поверхностях конструкции.

*Для второго варианта* разноименными потенциалами обладают смежные электроды, а их коммутация остается неизменной на всем протяжении прогрева бетона.

В начальный период термообработки реализуется комбинация периферийного электропрогрева и кондуктивного нагрева с последующим самопроизвольным и плавным переходом к кондуктивному нагреву.

*При реализации третьего варианта* предполагается смешанная коммутация со смещением фаз противолежащих и смежных электродов, которая также остается неизменной.

В этом случае в начальный период током могут обмениваться, как противолежащие, так и смежные электроды, причем токообмен между последними может осуществляться по периферийным слоям прогреваемой конструкции и по толщине полимерного электронагревателя.

Затем, по мере роста удельного сопротивления бетона, будет самопроизвольно отключаться токообмен между противоположащими электродами, а затем между смежными электродами через периферийные слои конструкции.

Таким образом, здесь на начальной стадии термообработки будет реализовываться комбинация сквозного и периферийного электропрогрева с кондуктивным нагревом в конце – только кондуктивный нагрев.

При применении смешанной коммутации электродов полимерных нагревателей, контактирующих с бетоном, температурное поле в теле прогреваемой конструкции формируется под влиянием четырех источников:

- джоулева тепла, выделяющегося во всем объеме конструкции в результате токообмена между противоположащими электродами;
- джоулева тепла, выделяющегося в периферийных слоях конструкции вследствие токообмена через эти слои между смежными электродами;
- джоулева тепла, выделяющегося в теле нагревателя вследствие токообмена между смежными электродами;
- тепловыделения цемента.

Определенную роль в становлении температурного режима саморегулирующегося комбинированного прогрева играют и условия теплообмена прогреваемой конструкции с окружающей средой. Однако они сказываются, в основном, на общем температурном уровне конструкции и в гораздо меньшей степени – на ее температурном поле.

В целом температурное поле при саморегулирующемся комбинированном прогреве зависит от всей совокупности факторов, имеющих место и при других схемах прогрева: массивности конструкции, состава бетона, вида цемента, на котором он приготовлен, температуры окружающей среды и температурного сопротивления опалубки, удельного сопротивления бетона, расстояний между электродами и поданного на них напряжения. Характер изменения их относительных величин всюду практически одинаков.

Отметим также, что в общих случаях вклад тепловыделения цемента в формирование температуры бетона незначителен в сравнении с остальными источниками, и им вполне можно пренебречь без особого ущерба для точности расчетов и анализов.

Изменение скорости подъема температуры напоминает характер изменения во времени удельной электропроводности бетона в процессе его термообработки. При чем максимальная скорость подъема температуры, как правило, совпадает по времени с максимумом электропроводности бетона при прогреве его по тем же режимам. Это еще раз подтверждает вывод о преимущественном влиянии на стадии подъема температуры бетона джоулева тепла, выделяющегося в теле прогревания конструкции. Относительно характера изменения скорости подъема температуры бетона можно отметить, что чем ниже при прочих равных условиях рабочее напряжение, тем ниже ее максимальные значения и медленнее ее затухание после прохождения максимума. Характер изменения во времени скорости подъема температуры бе-

тона свидетельствует о том, что в данном случае имеет место саморегулирующийся режим прогрева.

К числу факторов, оказывающих влияние на скорость подъема температуры бетона при саморегулирующемся прогреве, относятся:

- удельное сопротивление материала нагревателя и бетона;
- расстояние между электродами и напряжение на них;
- толщина прогреваемой конструкции;
- условия теплообмена с окружающей средой.

Среди этих факторов наименее значимым следует считать удельное сопротивление материала нагревателя, с повышением которого скорость подъема температуры бетона падает.

Заметное влияние на величину скорости подъема температуры бетона при саморегулирующемся комбинированном прогреве оказывает расстояние между электродами, причем степень этого влияния практически не зависит от толщины конструкции. Это свидетельствует о заметной роли токообмена между смежными электродами через периферийные слои конструкции и через тело нагревателя.

Важнейшим фактором, определяющим величину скорости подъема температуры прогреваемой конструкции, является рабочее напряжение. При этом его влияние оказывается тем более существенным, чем массивнее прогреваемая конструкция.

Степень уменьшения скорости подъема температуры с ростом толщины конструкции практически не зависит ни от расстояния между электродами, ни от удельного сопротивления бетона.

Что же касается условий теплообмена, то характер их влияния на скорость подъема температуры бетона при саморегулирующемся комбинированном прогреве незначительно отличается от того, который свойственен другим схемам комбинированного прогрева.

Градиенты температур в поперечных и в продольных, сечениях конструкции определяются, главным образом, массивностью конструкции, расстоянием между электродами и подаваемым на них напряжением. И чем они больше, тем выше градиент температур. В гораздо меньшей степени последние зависят от удельного сопротивления материалов нагревателя и бетона, температуры окружающей среды и термического сопротивления опалубки.

При комбинированном прогреве со смешанной коммутацией электродов максимальные градиенты температур формируются к моменту достижения максимальной удельной электрической проводимости бетона и уменьшаются по мере затухания токообмена между противоположными и смежными электродами через тело конструкции. При этом оказалось, что градиенты температур при саморегулирующемся комбинированном прогреве при прочих равных условиях, как правило, не выше, чем при сквозном прогреве и гораздо ниже, чем при поверхностном.

Результаты исследования показывают, что при применении смешанной коммутации электродов в полимерных нагревателях иногда удается подоб-

рять неизменное рабочее напряжение на электродах, при котором будут реализовываться все этапы термообработки бетона. Наиболее приемлемыми являются: нагреватели, изготовленные из полимеров с удельным электрическим сопротивлением не более 0,5 Ом.м, расстояние между электродами – 0,2 м и бетона с начальным удельным сопротивлением не более 10 Ом.м.

**Особенности бетонирования в зимних условиях.** При проектировании параметров термообработки монолитных железобетонных конструкций в зимних условиях необходимо учитывать, что предельная температура полимерных электронагревателей и время ее достижения зависит от ее мощности и температуры наружного воздуха. В свою очередь, мощность электронагревателей зависит от расстояний между токоподводящими электродами и подаваемого на них напряжения.

Исходя из установленных связей между этими параметрами, предлагается следующая последовательность выбора параметров термообработки монолитных железобетонных конструкций.

- За исходный параметр принимается максимально возможная для данного вида цемента и массивности конструкции температура термообработки.
- В зависимости от максимально возможной температуры нагрева и температуры наружного воздуха, определяются требуемая начальная удельная мощность электронагревателей и время достижения максимально допустимой температуры нагревателей.
- В зависимости от требуемой мощности электронагревателей и расстояний между токоподводящими электродами, определяется требуемое напряжение обогрева.

**Технологический регламент** при термообработке монолитных железобетонных конструкций в зимнее время состоит из следующих работ:

1. Заготовка струнных электродов расчетной длины и в необходимом для электропрогрева количестве;
2. Установка струнных электродов в рабочее положение;
3. Установка опалубки в рабочее положение;
4. Доставка в рабочую зону необходимых материалов, приспособлений и электрооборудования. Трансформаторная установка КТП-63-ОБ подается краном в рабочую зону, и, в целях экономии проводов, устанавливается как можно ближе к центру захватки бетонирования;
5. Очистка опалубки, арматуры, основания от снега и наледи, цементной пленки и грязи;
6. Утепление выступающих закладных деталей, труб, анкеров, металлических профилей;
7. Присоединение кабеля марки КГ и магистральных проводов с водонепроницаемой гибкой изоляцией марки АПР к трансформаторной установке КТП - 63 -ОБ;
8. Подсоединение магистральных проводов к установке КТП - 63 – ОБ;
9. Заземление КТП - 63 - ОБ;

10. Подсоединение струнных электродов групповыми проводами к распределительным устройствам;

11. Замер температуры наружного воздуха и поступающей бетонной смеси; после укладки и уплотнении температура бетона не должна быть ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ ;

12. Подача электрического напряжения на электроды;

13. Замер температуры бетона.

14. При разогреве бетона тщательно отслеживается скорость подъема температуры. Она регулируется повышением или понижением напряжения на низкой стороне КТП - 630В;

15. При переходе на режим изометрического прогрева напряжение понижается; при невозможности этого, напряжение периодически включается и выключается, поддерживая заданную температуру.

16. При изменении температуры в процессе электрообогрева выше или ниже расчетной, соответственно повышается или понижается напряжение в электрической сети;

17. По достижении требуемой прочности, но не ранее чем бетон в наружных слоях остынет до  $0^{\circ}\text{C}$ , производится распалубка. Для конструкции с модулем поверхности более  $5 \text{ м}^2$  распалубка допускается при разности температур поверхности бетона и воздуха не более  $20^{\circ}\text{C}$ , при модуле поверхности менее  $5 \text{ м}^2$  не более  $30^{\circ}\text{C}$ .

Монолитные железобетонные балки и колонны прогреваются с помощью струнных электродов из арматуры  $\varnothing 6$  мм. Стены и плиты перекрытия прогреваются с помощью греющего провода.

Установка и разборка системы электрообогрева производится звеном из двух человек:

- электрик-монтажник IV разряда – 1 чел.;
- электрик-монтажник III разряда – 1 чел.;

которые выполняют следующие работы:

- до установки и закрытия опалубки проверяют коммутации электропроводов между электродами (греющими проводами).
- перед началом бетонирования производят разделку концов жил кабеля и подсоединяют его к трансформаторной установке;
- раскладывают магистральные провода между трансформаторным и распределительными устройствами;
- после подсоединения кабеля магистральные провода подсоединяют к трансформаторной установке и производят ее заземление;
- устанавливает распределительные устройства и подводят к ним провода;
- подсоединяют их к распределительным устройствам;
- устанавливают противопожарные щиты, вывешивают предупредительные плакаты.

Разборка системы электрообогрева производится в обратном порядке.



**Особенности бетонирования для условий сухого и жаркого климата.** Производство монолитных железобетонных работ при температуре наружного воздуха выше 25°С и относительной влажности менее 50% считается для твердения бетона сухим и жарким климатом.

Технология монолитных железобетонных работ в таких условиях имеет свои особенности, так как быстрое обезвоживание бетона в воздушной среде с низкой относительной влажностью замедляет и иногда прекращает процессы гидратации цемента.

В условиях сухого и жаркого климата интенсивное испарение воды из бетона увеличивает его пористость, снижает морозостойкость и водонепроницаемость, а также прочность бетона на сжатие и растяжение.

В монолитных железобетонных конструкциях возникают трещины, которые являются следствием температурных деформаций, и они интенсивно растут в зоне контакта цементного камня и заполнителя, что приводит к резкому снижению прочностных свойств бетона.

Монолитные железобетонные конструкции более интенсивно теряют воду в результате ее испарения в первое время после укладки. Интенсивность испарения воды зависит от массивности конструкции – для массивных конструкций она относительно ниже, чем для тонкостенных конструкций.

Для получения качественной монолитной железобетонной конструкции, необходимо применять комплекс конструктивно-технологических мер, обеспечивающих нормальные условия гидратации цемента. Особое внимание необходимо уделять подбору материалов для бетонной смеси. Целесообразно применять бетонные смеси, приготовленные на быстротвердеющих портландцементов. Заполнители необходимо защищать от солнечного излучения. Бетонную смесь следует транспортировать в автобетоносмесителях в сухом виде и перемешивать непосредственно у места бетонирования.

Свежеуложенный бетон необходимо защищать различными пленочными покрытиями из полимерных материалов, что резко уменьшают потери воды, одновременно создавая термовлажностный режим.

В районах сухого и жаркого климата в течение суток перепад температуры наружного воздуха составляет до 20°С, что отрицательно влияет на свежеуложенный бетон, приводя к появлению температурных деформаций. С целью уменьшения этих отрицательных явлений, необходимо применять методы термообработки бетона. Использование для этого солнечной энергии возможно при развитии гелиотехники.

Ускорение процесса твердения бетона в условиях сухого и жаркого климата целесообразно выполнять в греющих опалубках, которые позволяют создавать для твердения бетона нормальные условия.

## **5.7. Автоматизация расчета парка опалубки**

В заключение рассмотрим автоматизацию одной из трудоемких инженерных операций – расчет парка опалубки и создание базы данных опалубки. Автоматизация расчета осуществляется с помощью пакета ИТР-2000.

Пакет ИТР-2000 (рис. 5.26) включает:

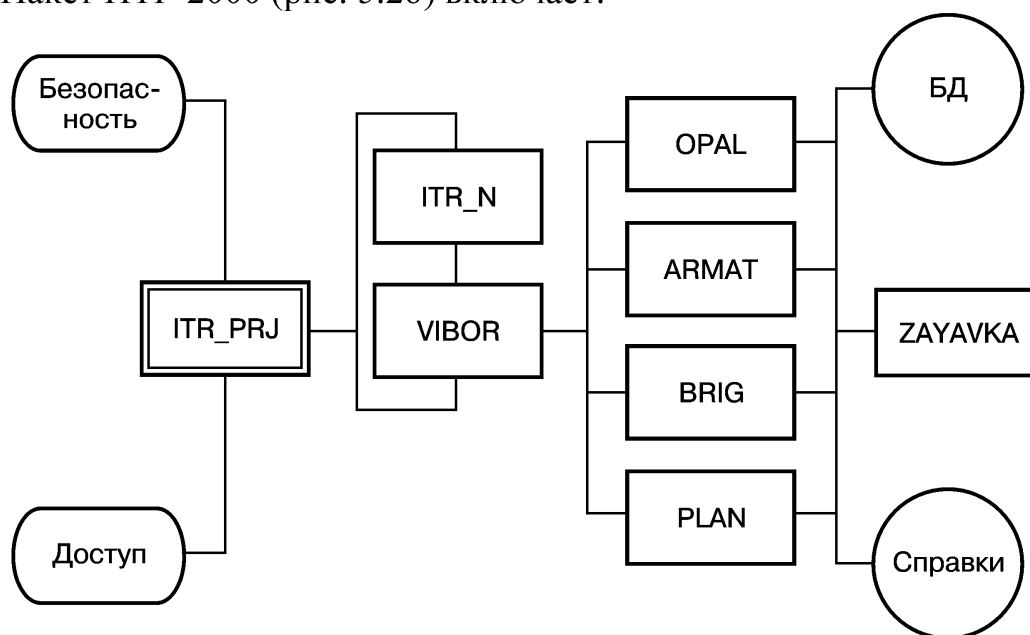


Рис. 5.26. Состав пакета ИТР-2000

- модуль ресурсов ИТР\_ПРЖ;
- головной модуль ИТР\_Н, связанный со средствами безопасности и доступа к другим компонентам АСУ ТП;
- модуль VIBOR, осуществляющий селективный переход к одному из видов расчетов: определению комплекта опалубки ОПАЛ, расчету арматуры при ее замене по сравнению с проектной АРМАТ, выбору состава бригад БРИГ, планировщику поставки ресурсов ПЛАН. Все перечисленные модули реализуют описанные в [54] 3 и 4 предложения по оптимизации технологии монолитных железобетонных работ;
- модуль ЗАЯВКА, обеспечивающий распечатку результатов по определенной форме, принятой в строительных организациях;
- базы данных по опалубке, арматуре, составу бригад, материально-техническим ресурсам;
- справочную и обучающую системы.

Демонстрационная версия пакета ИТР-2000 предназначена для целей обучения и презентации. Во избежание ее несанкционированного коммерческого применения, в пакет внесены следующие изменения:

- исключены специальные средства доступа к подсистемам АСУ ТП, а также криптозащита;
- модули АРМАТ, БРИГ, ПЛАН, ЗАЯВКА не вызываются (пункты меню в модуле VIBOR заменены словами «Резерв 1» – «Резерв 4»);
- соответствующие сведения исключены из баз данных и справочной системы;
- в целях обучения и презентации добавлена программа демонстрации окон пакета в рабочей последовательности; время демонстрации – приблизительно 1,5 минуты. Ввиду интуитивной прозрачности ин-

терфейса, этой программы достаточно для освоения метода использования пакета. Доступ к ней происходит по щелчку левой кнопки мыши на кнопке «Демонстрация» модуля ITR\_N;

- в модулях расчета опалубки введены ограничения на количества элементов, захваток, этажей.

Состав демонстрационной версии приведен на рис. 5.27.

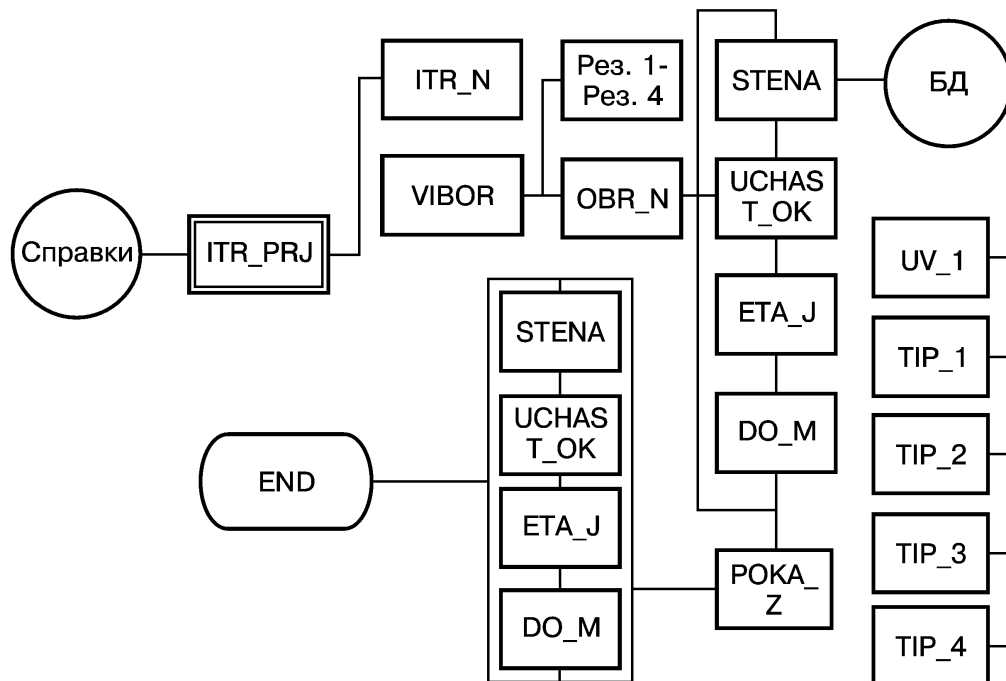


Рис. 5.27. Состав демонстрационной версии пакета ИТР-2000

Потребности демонстрационной версии пакета ИТР-2000 в ресурсах следующие:

- объем всех модулей (с расширениями .res, .pas, .doc, .dpr, .bmp) составляет 1,03 Мб;
- требования к оперативной памяти и процессору не являются критическими и фактически определяются установленной версией операционной системы;
- пакет работает с любой версией Windows 9x или XP.

Для запуска пакета достаточно любым способом активизировать модуль (дважды щелкнуть на пиктограмме, набрать путь в командной строке, воспользоваться пунктом меню «Запуск» ОС). Далее пользователь работает с привычным Windows-подобным интерфейсом, используя для выполнения тех или иных действий управляющие кнопки в левой части окна, поля ввода данных в средней его части и пиктограммы управления размерами окна в верхнем правом углу.

Ресурсы пакета объединены в модуле ITR\_PRJ.

ITR\_N является первым запускаемым модулем пакета и, одновременно, его заставкой. Его функции, представленные управляющими кнопками с заголовками и пиктограммами, следующие:

- вызов справки с информацией о пакете;

- демонстрация последовательности работы с модулями и интерфейсом пакета;
- переход к началу расчетов;
- завершение работы приложения.

Модуль VIBOR осуществляет переход к одному из видов расчета. В демонстрационной версии для продолжения работы необходимо выбрать, щелкнув на нем мышью, пункт «Расчет комплекта опалубки»; в противном случае будет выдано сообщение: «В демонстрационной версии данная функция не реализована».

Далее возможны:

- вызов справки о видах расчетов;
- просмотр базы данных;
- продолжение работы;
- выход (происходит возвращение к окну ITR\_N).

После выбора указанного пункта меню, вначале осуществляется расчет вертикальных элементов опалубки. При этом используются модули OBR\_N, STENA, UCHAST\_OK, ETA\_J, DO\_M, PORA\_Z, реализующие ввод данных, исправление ошибок ввода, расчеты, отображение и печать результатов.

Опишем все модули этой группы.

OBR\_N выполняет:

- переход к одному из модулей STENA, UCHAST\_OK, ETA\_J, DO\_M (необходимо выбрать соответствующий пункт и подтвердить выбор, щелкнув на кнопке «Продолжить»);
- вызов справки о дальнейшей работе;
- выход из модуля.

Модуль STENA реализует ввод данных о вертикальных элементах, их сортировку, вывод результатов расчета на экран монитора или принтер.

Управляющие кнопки иницируют:

- вызов справки о функциях модуля;
- просмотр базы данных;
- подтверждение ввода;
- переход к следующим модулям (через селектор OBR\_N);
- печать данных;
- выход.

Возможны два режима работы модуля (задаются специальным параметром, генерируемым в модуле DO\_M): ввод данных и отображение результатов.

Данные вводятся в специальных редактируемых полях класса под общим заголовком «Введите» и включают: номера этажа, захватки, вертикального элемента в пределах этажа, его толщину и длину, количество угловых вставок. Переход к следующему пункту сопровождается активизацией его окна; завершение ввода для данного элемента – щелчком на кнопке «Ввести данные»; переход к следующему модулю – щелчком на кнопке «Продолжить». При ошибках ввода, в частности, превышении заложенных ограниче-

ний, выдается предупреждение с соответствующей подсказкой. Для исправления ошибок ввода достаточно просто повторить ввод данных для элемента с данным номером.

Введенные данные помещаются в массив записей, имеющих вид:

```
type
  TS = Record
    Ne : Integer; (номер этажа)
    Nz : Integer; (номер захватки)
    Ns : Integer; (номер вертикального элемента)
    Ts : string [2]; (тип вертикального элемента)
    Tr : string [1]; (тип расчета; определяется в модуле )
    Dli : Integer; (длина элемента)
    Vis : Integer; (высота элемента; определяется в модуле )
    Tol : Integer; (толщина элемента)
    Tr1 : Integer; (количество щитов типоразмера 1; рассчитывается в модуле )
    Tr2 : Integer; (аналогично, щитов типоразмера 2)
    Tr3 : Integer; (аналогично, щитов типоразмера 3)
    Tr4 : Integer; (аналогично, щитов типоразмера 4)
    Uva : Integer; (количество угловых вставок)
    Ost : Integer; (количество нестандартных вставок)
    Nma : Integer; (номер последнего элемента захватки)
    Nmi : Integer; (номер первого элемента захватки)
end;
```

После окончания всех расчетов, результаты для конкретного элемента отображаются в нижней половине окна под общим подзаголовком «Результат». Слева располагаются номер этажа и элемента, а справа – данные о рассчитанном количестве щитов и вставок, группируемых по своим типоразмерам. Затем производится печать результатов (для чего необходимо щелкнуть на кнопке «Печать» и ответить на вопросы стандартных диалогов установки принтера и печати). Выводятся следующие данные:

- общий заголовок;
- номер элемента;
- номер этажа;
- количества щитов установленных типоразмеров;
- количество угловых вставок;
- количество нестандартных вставок.

Продолжение просмотра результатов определяется в модуле-селекторе РОКА\_Z, где необходимо указать номера просматриваемых элементов. Переход к этому модулю осуществляется щелчком на кнопке «Продолжить».

В модуле UCHAST\_OK продолжается ввод необходимых данных – теперь уже для отдельных захваток. Осуществляется также отображение и печать результатов.

Функции управляющих клавиш следующие:

- вызов справки о функциях модуля;
- подтверждение ввода;

- переход к следующим модулям (через селектор OBR\_N);
- печать данных;
- выход.

Вводятся:

- номер этажа;
- номер захватки;
- максимальный и минимальный номера элементов захватки.

Введенные и расчетные данные помещаются в массив записей вида:

```

type
  Tz = Record
    Ne : Integer;
    Nz : Integer;
    Ns : Integer;
    Nma : Integer;
    Nmi : Integer;
    Tr1 : Integer;
    Tr2 : Integer;
    Tr3 : Integer;
    Tr4 : Integer;
    Uva : Integer;
    Ost : Integer;
end;
```

Смысл переменных тот же, что и в предыдущем случае.

Просмотр результатов осуществляется так, как описано выше.

На печать выводятся:

- общий заголовок;
- номер захватки;
- номер этажа;
- количество элементов, их минимальный и максимальный номера;
- количества щитов установленных типоразмеров;
- количество угловых вставок;
- количество нестандартных вставок.

В модуле ETA\_J вводятся данные, необходимые для расчетов комплекта вертикальной опалубки по этажу, осуществляется отображение и печать результатов.

Функции управляющих клавиш:

- вызов справки о функциях модуля;
- подтверждение ввода;
- переход к следующим модулям (через селектор OBR\_N);
- печать данных;
- выход.

Вводятся:

- номер этажа;
- количество стен;

- высота этажа;
- коэффициент запаса для расчета комплекта опалубки;
- количество захваток.

Введенные и расчетные данные помещаются в массив записей вида:

```

type
  Te = Record
    Ne : Integer;
    Nz : Integer;
    Ns : Integer;
    Kz : Integer; (коэффициент запаса)
    He : Integer; (высота этажа)
    Tp1 : Integer;
    Tp2 : Integer;
    Tp3 : Integer;
    Tp4 : Integer;
    Uva : Integer;
    Ost : Integer;
    Tr : string [1];
end;
```

Просмотр результатов организован стандартно.

На печать выводятся:

- общий заголовок;
- количество захваток;
- номер этажа;
- количество элементов;
- количества щитов установленных типоразмеров;
- количество угловых вставок;
- количество нестандартных вставок.

Модуль DO\_M обеспечивает ввод данных, расчет комплекта вертикальной опалубки для здания, этажа, захватки, просмотр и печать результатов.

Функции управляющих клавиш следующие:

- вызов справки о функциях модуля;
- подтверждение ввода;
- расчет комплекта опалубки;
- отображение результатов (через селектор РОКА\_Z);
- печать данных;
- выход.

Вводится количество отличающихся друг от друга этажей.

Введенные и расчетные данные ассоциируются с переменными: количества щитов типоразмеров 1 – 4 – DT1, DT2, DT3, DT4 соответственно; количество угловых вставок – Duv; количество нестандартных вставок – Dost, а также описанными выше массивами записей.

Просмотр результатов осуществляется непосредственно по завершении расчетов; для перехода к отображению данных для этажей, захваток и элементов необходимо щелкнуть на кнопке «Показать».

На печать выводятся:

- общий заголовок;
- количества щитов установленных типоразмеров;
- количество угловых вставок;
- количество нестандартных вставок.

В зависимости от преобладающего типа вертикальных элементов, определяется тип расчета: при преобладании длинных стен минимизируется количество подъемов; коротких – номенклатура комплекта; средних – ищется компромисс между указанными минимумами.

Комплект опалубки рассчитывается для элементов первой захватки; полученные количества щитов и вставок суммируются.

В отличие от аналогичных программ, основой выбора комплекта является не этаж, а захватка. Поэтому в пределах этажа комплект подсчитывается не суммированием комплектов для всех захваток этажа, а пополнением комплекта захватки недостающими элементами. Это позволяет многократно сократить объем комплекта и повысить оборачиваемость опалубки. Полученный результат умножается на коэффициент запаса, что призвано обезопасить непрерывность производства от сбоев графика поставок.

Аналогично рассчитывается объем комплекта для всего здания.

Модули расчета горизонтальной опалубки имеют такой же интерфейс. Состав этой части пакета показан на рис. 5.28; функции модулей с аналогичными указанным выше названиям подобны описанным.

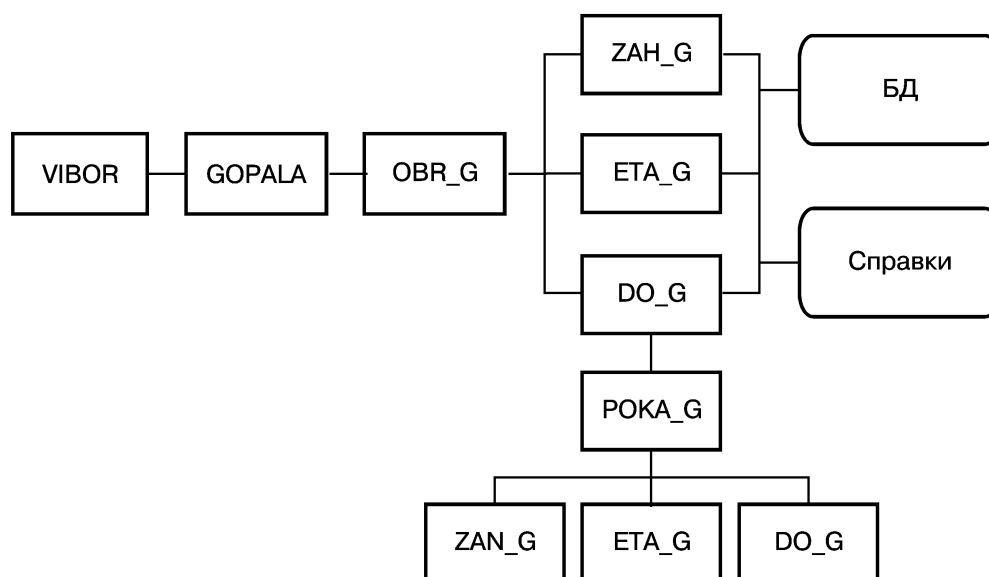


Рис. 5.28. Состав пакета расчета горизонтальной опалубки

Алгоритм расчета предусматривает выполнение следующих действий:

1. Ввод данных по группам из четырех захваток (количество соответствует циклу возведения монолитных железобетонных конструкций – армиро-



ванию, установке опалубки, бетонированию, с уходом за бетоном, демонтажу опалубки).

2. Аналогично, вводятся данные по этажу и зданию в целом (количество групп захваток, коэффициент запаса, количество этажей и т.д.).

3. Рассчитываются количества: горизонтальных щитов, монтажных опорных стоек, усиленных стоек последовательно для каждой из групп захваток. Суть расчета сводится к разбивке захватки на простые по форме участки, для которых определение комплекта не составляет труда. Полученные результаты округляются и умножаются на коэффициент запаса.

3. Для следующей группы выполняются те же действия, за исключением определения количества стоек по общим сторонам.

5. Комплект для этажа и здания определяется, исходя из принципа пополнения, а не суммирования.

6. Отображение результатов организовано так же, как и для вертикальной опалубки.

7. На печать выводятся:

- общий заголовок;
- однозначная нумерация захваток и этажей;
- комплект опалубки для захватки, этажа, здания.

8. Результаты заносятся в базу данных (в демонстрационной версии этого не делается).

9. Справочная система включает данные о модулях, расчетах, а также сообщения предупреждающего характера.

**Реляционная база данных парка системной опалубки.** База данных (БД) предназначена для использования сот рудниками отдела главного инженера или линейными работниками. Исходя из этого, она должна быть локальной, а также отличаться повышенной надежностью с точки зрения защиты данных, их переноса и восстановления в случае ошибочных действий. Требованиями к системе управления базой данных являются: максимальная простота, функциональность, обеспечивающая различные возможности редактирования и восстановления данных, а также простота инсталляции и минимальный объем инсталляционных файлов. БД является частью программы автоматизации технологической системы монолитного жилищного строительства [54]. Таким образом, к задачам научного обеспечения разработки базы данных относятся анализ данных, их реляционных отношений и операций, а также многокритериальная оптимизация структуры, призванная удовлетворить заданным требованиям.

Исследование реляционных отношений и транзакций. Теоретическим базисом моделирования БД является геометрическая система  $S$ -пространства  $G=(E, O, R)$ . В данном случае множество  $E$  интерпретируется как совокупность групп данных, семейство  $O$  – как совокупность операций над группами (отдельно выделяется подсемейство  $t$  транзакций), а семейство  $R$  – как совокупность отношений между группами данных. В результате анализа парка вертикальной и горизонтальной опалубки, предложений на рынке опалуб-

ки, а также проектных решений уже существующих зданий, определена следующая структура  $G$ :

$$E=(E_1, E_2, E_3, E_4, E_5), \quad (5.56)$$

где  $E_1$  – 12 двумерных таблиц вертикальной опалубки;  
 $E_2$  – 5 двумерных таблиц горизонтальной опалубки;  
 $E_3$  – 4 двумерных таблицы решений вертикальной опалубки;  
 $E_4$  – 3 двумерных таблицы решений горизонтальной опалубки;  
 $E_5$  – 25 групп записей справочной системы;

$$O=(o, t), \quad (5.57)$$

где  $o$  – 4 стандартных операций с данными;  
 $t$  – 3 стандартные транзакции;  
 $R$  – 3 типа отношений между таблицами и записями  $E$ .

Графически структура  $G$  представляется в виде РС- диаграммы. При разработке БД РС- диаграмма используется для определения структуры файловой системы, типов данных, а также меню СУБД. Полученная структура подлежит оптимизации с целью наиболее полного удовлетворения определенным выше требованиям.

**Организация базы данных.** Файлы базы данных структурированы так, как показано на рис.5.29а, т. е. объединены в пять групп. Структура СУБД показана на рис.5.29б. Отметим:

- возможность редактирования, а также печати данных средствами внешних текстовых редакторов, что позволяет изменить тексты справок, дополнив их инструкциями, коммерческой информацией, и т.п., а также оперативно исправлять поврежденные файлы;
- использование для просмотра чертежей свободно распространяемой программы Volo View, которая запускается из головного модуля (чертежи не хранятся в локальной базе данных; их поиск осуществляется средствами программы);
- возможность объединения данных, операций и транзакций одной группы в отдельные типы, что делает целесообразным использование объектно-ориентированного программирования;
- открытость и возможность развития БД и СУБД.

**Реализация базы данных.** База данных реализуется в виде текстовых файлов (расширение .txt), помещенных у папке БД диска С (положение фиксировано). Отдельные файлы группируются в определенные каталоги так, как это показано на рис.5.29а. Файлы создаются по определенной форме в результате расчетов, редактирования средствами СУБД, внешними текстовыми редакторами.

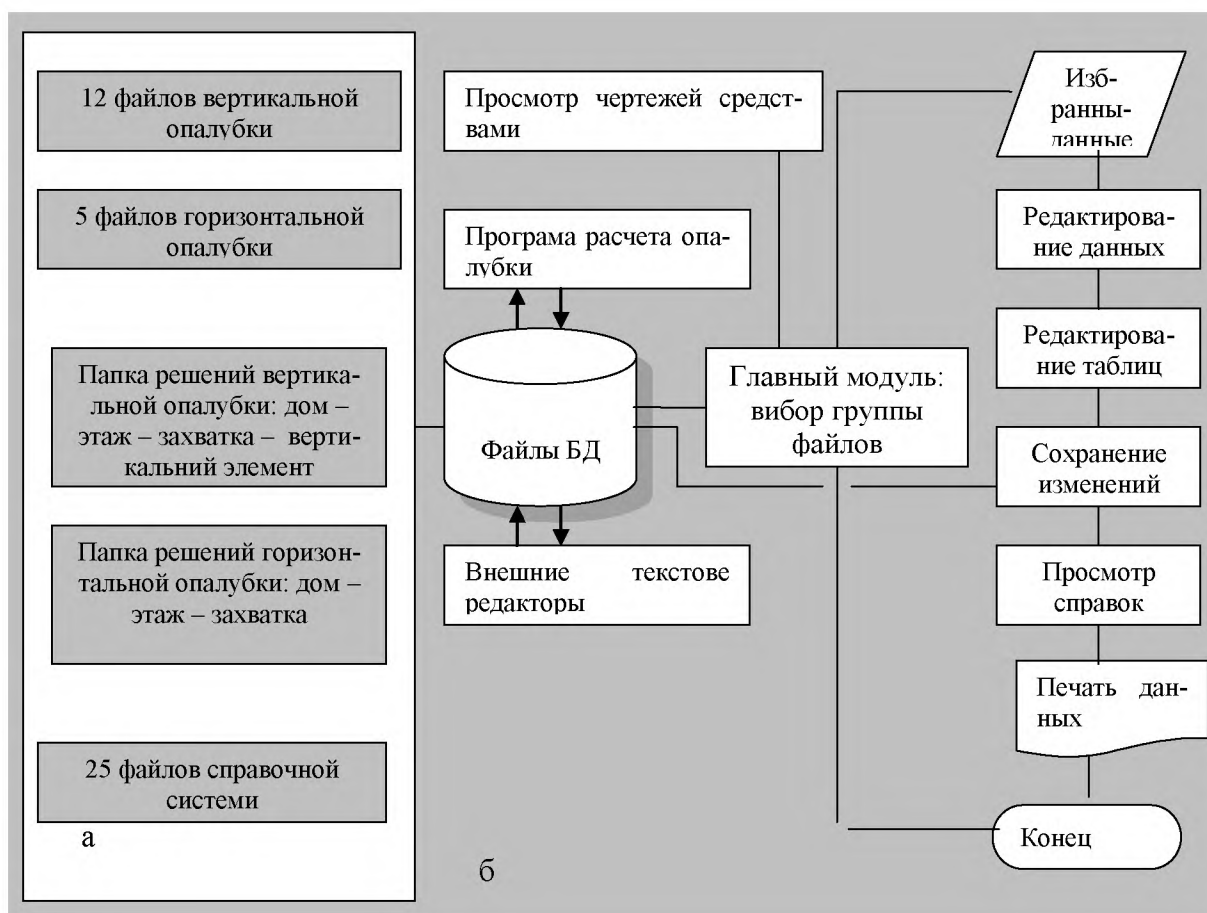


Рис.5.29. Структура БД парка системной опалубки:

а – группировка файлов;

б – модули СУБД

СУБД реализована в виде отдельных модулей средствами Delphi. При этом на форме размещены таблицы данных (со стандартными способами редактирования), графические иллюстрации, генератор дат, кнопки редактирования таблиц, а операции над данными, а также реляционные отношения представлены в виде главных меню форм. В ходе выполнения тех или иных транзакций, генерируются сообщения об их успешности или неудаче. Печать данных реализована в виде процедур, использующих графический режим работы принтера и соответствующие диалоги.

Не использование стандартных для Delphi компонентов для работы с базами данных, а также программы генерации отчетов Rave Reports для печати данных, обусловлено желанием сделать реализацию как можно более простой и ограничиться минимально необходимым объемом программного обеспечения. Относительная простота, небольшой объем отдельных таблиц, а также несложность реляционных отношений и операций являются предпосылками именно такого решения.

*Элементы графического интерфейса* представлены на рис.5.30-5.32.

Меню главного модуля СУБД показано на рис.5.30. Пункт «Чертежи» реализует вызов программы просмотра чертежей Volo View. «Решения» по-

зволяют просмотреть решения для вертикальной и горизонтальной опалубки. Пункты «Вертикальная опалубка» и «Горизонтальная опалубка» дают возможность увидеть все элементы систем опалубки, которые используются внутри корпорации, а также их текущее количество; эти данные и являются исходными для проведения расчетов. Пункт «Предложения систем опалубки» предоставляет информацию про текущие предложения вертикальной опалубки на рынке. Пункт «Своды и оболочки» зарезервирован для дальнейших разработок; смысл остальных пунктов понятен из их названий.

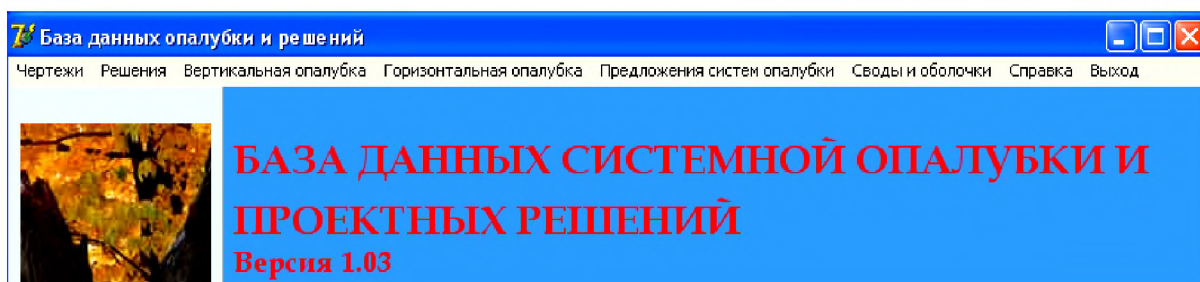


Рис. 5.30. Вид главного меню СУБД

При просмотре проектных решений (рис.5.31) выводятся данные об адресе здания, этажа, захватки, отдельного элемента в виде стандартной таблицы. Смысл пунктов меню ясен из их названий. Кроме того, имеются две кнопки редактирования таблиц, не показанные на рисунке.

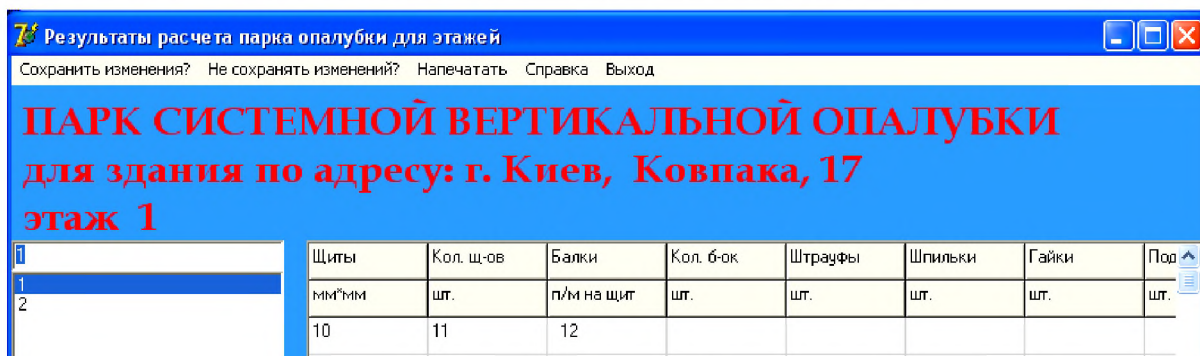


Рис. 5.31. Отображение результатов расчета парка опалубки

Вид форм, на которых размещены данные о конкретных системах опалубки, несколько отличается (рис.5.32). В частности, отсутствуют графические иллюстрации, зато имеется генератор дат.

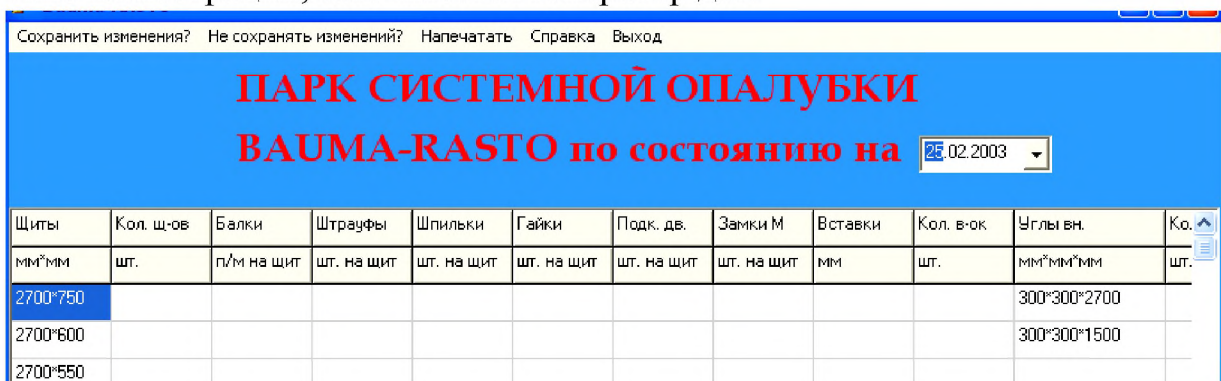


Рис. 5.32. Отображение данных по парку опалубки

## Глава 6. ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Для обеспечения эффективности, надежности и безопасности ЭС необходимы: ориентация систем отображения информации (СОИ) на наиболее эффективные виды восприятия; стабильность информационного обмена; наличие способов управления психоэмоциональным состоянием оператора. Должны быть согласованы различные формы принятия решения; информационные системы должны оказывать содействие этому. В конце концов, от систем управления требуется реализация, в зависимости от ситуации, согласованных интуитивно обусловленных, рефлексорных, рациональных действий. Следовательно, следует оптимизировать состав, последовательность, приоритетность, относительные веса, количественные характеристики, то есть системные факторы различных форм восприятия, распознавания, принятия решения и действий управления в рамках единого процесса операторской деятельности, для чего нужны соответствующие объектные модели.

Для ТС эта проблема стоит не так остро; тем не менее, процесс принятия решения также может быть усовершенствован, если учитывать различные психологические факторы.

### 6.1. Модель взаимодействий «человек - среда»

**Постановка задачи.** Рассмотрим отношения человека с окружающей средой с бионической точки зрения. В процессе эволюции выработана оптимальная, в определенной мере, система взаимодействий. При проектировании СУ естественно максимально сохранить ее особенности, что минимизирует необходимую адаптацию [286]. Тогда модель «человек - среда» (МЧС) приобретает значение концептуальной основы эргономической оптимизации, а задача ее построения становится первоочередной.

Будем исходить из таких положений:

1. Система «человек - среда» рассматривается с позиций синергетики и общей теории систем как целостная, сложная, открытая система [95,127,166], находящаяся в состоянии динамического равновесия. Под *средой* имеется в виду «близкий», познаваемый мир, непосредственно влияющий на процессы жизнедеятельности человека. Границы среды и состав системы не является четко определенными. Так, для задач распознавания это сенсорное пространство, для исследования природных ритмов необходимо рассматривать «космопланетарный феномен человека» [95].

2. Система моделируется как С- пространство; самоорганизация - как совокупность сценариев расслоения-свертки; компоненты, связи, взаимодействия - как С- элементы, С- множества, отношения и операции, отображаемые в форме  $OM_1$ .

3. Совокупность сценариев расслоения-свертки определяется составом {С} и {О} - «отдаленных» частей универсума.

4. Инварианты и детализация определяются особенностями задач.

МЧС может считаться реалистичной моделью при условии, если она способна описывать и давать предсказания относительно таких фактов и феноменов:

- неоднородность, автономность и, вместе с тем, целостность компонентов системы (гомеостаз организма, самодостаточность природы);
- наличие качественно различных взаимозависимых уровней организации (физиологические и психические процессы, вещество и полет);
- распространенность симметрии, константы  $\Phi$  и производных отношений, как факторов целостности системы [41,42,144,249,250,261];
- качественное различие взаимодействий компонентов на различных уровнях - и их координация и глобальность действия (системы регуляции, обратные связи);
- расчлененность масштабов времени хода процессов для различных уровней - и их взаимная согласованность (связь биоритмов с суточными, месячными и иными ритмами [83]).

**Построение МЧС.** Анализ фактических данных об организации человека и среды приводит к выводу о том, что имеет место наиболее общий случай организации [127,с.86-87], то есть Сп формируется в результате взаимодействия  $\{C\}$  и  $\{O\}$ , а условия целостности приобретают вид:

$$B \rightarrow (\{C\}_o, C_n, \{O\}_p) \rightarrow CP \vee CP^* \vee CP^{**}, \quad (6.1)$$

причем

$$CP \rightarrow n(\{C\}_{i=1, \dots, n}, \square_{xy}, \{O\}_{i=1, \dots, n}) \quad (6.2)$$

$$CP^* \rightarrow (m-n)(\{C\}_{i=n+1, \dots, m}, \square_{ixy}, \{O\}_{m-n}) \quad (6.3)$$

$$CP^{**} \rightarrow (o-m)(\{C\}_{o-m}, \square_{i=o-m, \dots, o, j=p-m, \dots, pxy}, \{O\}_{p-m}), \quad (6.4)$$

где СР отображают тип сценария;

$n, m, o, p, o > p$  обозначают количества С и О;

$i, j$  - порядковые номера расслоений Сп, которые соответствуют взаимодействиям различных С и О;

$x, y$  - номера слоев и надлежащих им С- элементов и С- множеств.

Это означает, что в рамках общей схемы (6.1) расслоение происходит тремя способами:  $n$  раз по сценарию (6.2),  $m-n$  раз по сценарию (6.3) и  $o-m$  согласно (6.4), не сводимому к предыдущим. Рассмотрим их подробнее. *Расслоение (6.2)* моделируется показанным на рис. 6.1 С- графом, который отображает общие принципы построения системы, членение на уровни и элементы,

количества независимых характеристик для их описания. Проверим эти прогнозы.

**Уровень 1.** Ему соответствует число Фибоначчи 1 и модальность Сп II. Это означает возможность существования Сп как недифференцированной целостности.

**Уровень 2.** Второе число Фибоначчи - 1 - и модальность Сп А означают двуединство природы Сп: одна целостная волна включает две «кососимметричные» (утверждение 3.1.) половины. Тем самым создается основа дифференциации системы (человеку соответствует субъектная (Сп<sup>+</sup>), среде - объектная (Сп<sup>-</sup>) половины С- пространства). Дифференциация не нарушает единства, поскольку существование Сп<sup>+</sup> и Сп<sup>-</sup> в отдельности невозможно, а в ходе расслоения симметрия сохраняется (утверждение 3.1.). Характеристики системы включают n наборов по 1 параметру.

**Уровень 3.** Ему соответствует число 2, и это означает актуализацию дифференциации Сп<sup>+</sup> и Сп<sup>-</sup> как самостоятельных компонентов этого слоя. В силу волновой природы, и субъектная, и объектная половины С- пространству целостные. Порядок симметрии равно двум. Состояние системы описывается n наборами параметров, которые включают по две независимые характеристики. Существует соответствие между кососимметричными характеристиками Сп<sup>+</sup> и Сп<sup>-</sup>.

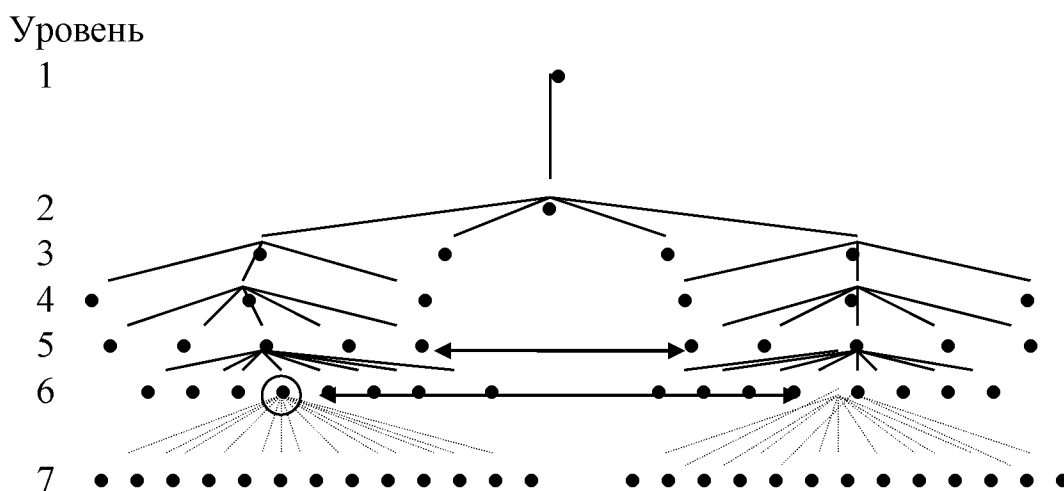


Рис. 6.1. Общая организация системы «человек - среда»

Эти предсказания соответствуют реальным фактам. Так, гомеостаз человека и самодостаточность природы свидетельствуют об их автономии. И человек, и природа представляют собой целостные системы. Для человека выделяют телесную и психическую составу, правую и левую половины, мужской и женский пол и т.д.; для среды - вещество и поле, притяжение и отталкивание, пространство и время и т.д., то есть наборы из двух характеристик; существуют соответствия между веществом и телом, психикой и полем и т.д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Подобные соответствия устанавливаются интуитивно по величине потенциала и симметрии элементов. Поскольку, согласно (3.10), потенциал не связан фиксированной функциональной зависимостью с волновыми характеристиками, природа соответствующих структур может быть частично или полностью различной.

**Уровень 4.** Количество элементов и для  $Sp^+$ , и для  $Sp^-$  равно 3. Порядок симметрии - 3. Состояние системы описывается  $2 \cdot n$  наборами параметров из трех характеристик, которые нельзя применять для описания элементов, относящихся к предыдущему слою (утверждение 3.5. и его следствие 1). Так же устанавливается несводимость различных уровней организации, при сохранении их единства в рамках одной системы.

Например, психическая составляющая естественно делится на ум, волю, эго; процессы внешней среды характеризуются энергией, информацией, энтропией. Как соответствующие, интуитивно воспринимаются ум и информация, воля и энергия, эго и энтропия. Триады характеристик неадекватны структурам предыдущего слоя. Троичными являются характеристики и недискретных величин - три измерения физического пространства, прошлое, настоящее и будущее времени и т.д. Принятая модель позволяет трактовать их не с позиций субъективизма или конвенционализма, а как следствие инвариантности числа 3 для функционирования структур данного уровня.

**Уровень 5.** Пятому слою соответствуют множества из 5 элементов; порядок симметрии - 5; количество характеристик -  $6 \cdot n \cdot 5$ .

Предсказание коррелирует, например, с наличием 5 экстероцептивных органов чувств, 5 пальцев конечностей, 5 состояний вещества (вакуум, плазма, газ, жидкость, твердое тело), 5 взаимодействий (гравитационное, электрическое, магнитное, сильное, слабое) и т.д. Подмеченные соответствия между «тонкими» - полевыми и психическими - структурами органов чувств и фаз вещества, являющиеся кососимметричными элементами, и между симметричными элементами, например, пальцами левых и правых конечностей. Использование пятеричных характеристик для описания свойств предыдущих слоев будет неадекватным.

Эти пять уровней характеризуют общий план организации системы. Для процессов восприятия-распознавания прослеживаются 6-й и следующие уровни, которые соответствуют числам 8, 13, 21...

*Расслоение (6.3)* характеризуется наличием петель в С- графе, которые отражают взаимодействия С- элементов и С- множеств различных ветвей.

Этот сценарий наблюдается в построении систем организма. Так, наличие нескольких систем регуляции одного органа интерпретируется как взаимодействия между элементами различных ветвей; полифункциональность систем (например, возбуждение парасимпатических нервов вегетативной системы генерирует увеличение просвета кровеносных сосудов; возбуждение же симпатических нервов той же системы - сужение [264]) - как следствие соответствия элементов одной ветви.

*Расслоение (6.4)* моделируется графом с сетевой топологией. Такая организация характерна, в частности, для коры головного мозга.

Следовательно, приведенные примеры (см. также главу 5) подтверждают, следующий вывод

**6.1.** Организация системы «человек - среда» соответствует С- графу (6.1); организация отдельных систем и органов - С- графам (6. 3-6. 4).



Итак, факторы целостности природы и человека являются следствием общих законов самоорганизации открытых систем.

**Механизм возникновения связей и обменов.** Пусть в результате внешнего влияния повреждается один из элементов, для определенности,  $i$ -того слоя  $Сп^+$  (обозначен кружком на рис. 6.1). Тогда:

1. Поскольку нарушится целостность, система или прекратит существование ( $i=1$ , свойство 3.6.), или восстановит целостность за счет перераспределения потенциалов между слоями  $Сп^+$  (прямые и обратные связи обозначены  $\rightarrow$  и  $\leftarrow$ ). Это перераспределение, возможное в определенных границах, соответствует явлениям регенерации, авторегуляции и утомления. Для слоев с номерами, меньшими  $i$ , влияние внешнего раздражителя будет все менее существенным. Для  $Сп^-$ , в силу симметрии, будут происходить аналогичные изменения. Общий потенциал  $Сп$  уменьшится.

2. В процессе перераспределения будут изменяться модальности существования и состояния, будут происходить преобразования  $\bullet \rightarrow \cup$  и  $\cup \rightarrow \bullet$ , а также взаимодействия  $С$ -элементов. Это приведет к излучению волн и перемещению солитонов, т.е. к процессам обмена между человеком и средой (обозначены  $\leftrightarrow$ ). Поскольку качественные характеристики слоев различны (утверждение 3.5.), качественно различными будут и процессы обмена и изменения слоев с номерами  $i$  и  $i+1$  для  $Сп^+$  и  $Сп^-$ .

3. Различные обмены и изменения (сохранение динамического равновесия, восстановление или деструкция систем и органов) могут быть описаны операциями {ДИКС}, адекватными характеристикам этих процессов. Например, нормальная, парадоксальная и ультрапарадоксальная реакции нервной системы на смену величины раздражителя интерпретируются как частные случаи  $С$  (табл. 3.3.). Поскольку реализация операций обусловлена ограничениями (условия 3.1.-3.4.), связанными с потенциалами элементов, это приводит к расслоению взаимодействий соответственно расслоению  $Сп$ . В границах каждого из слоев будут выполняться законы сохранения, обусловленные, согласно теореме Нетер [127, с.80], присущей ему симметрией.

4. Наиболее чувствительными для существующей организации будут взаимодействия на резонансных частотах. Их компенсация требует перераспределения наибольшей части потенциала, а влияние будет ощущаться для нескольких ближайших слоев. Этот эффект объясняет механизм действия неблагоприятных влияний одного типа на различные системы организма (задача 5.2.).

Таким образом, МЧС позволяет формализовать в рамках сценария самоорганизации целостной системы перечисленные в начале раздела особенности и, следовательно, моделировать и усовершенствовать операторскую деятельность. Наличие корреляций с существующими фактами позволяет считать обоснованным следующее утверждение:

**6.2. Причиной существования: гомеостаза и регенерации; прямых и обратных связей; качественных различий процессов обмена между компонентами системы «человек - среда» в условиях неуравновешенных внешних влияний**

является необходимость сохранения ее целостности соответственно условиям (5. 1-5. 3).

Отсюда следует возможность уточнения и формализации характера влияний окружающей среды на состояние оператора:

**6.3.** *Благоприятными следует считать такие влияния внешней среды, которые оказывают содействие восстановлению целостности  $Cn^+$ ; неблагоприятными - влияния, которые нарушают целостность  $Cn^+$ .*

Так, в традиционной китайской медицине причинами заболеваний считались нарушения равновесия инь-ян и 5 элементов в результате внешних влияний. Аналогичной точки зрения придерживались и индусские медики. Положение о том, что причиной дисбактериоза является нарушение энергетического баланса организма вследствие влияния среды, разделяется и все большим числом современных медиков [95,с.197-225]. Подтверждением этого служит, например, установленная А.Л. Чижевским корреляция эпидемий и уровня солнечной активности.

**Пределы саморегуляции системы** определяются, исходя из необходимости поддержки динамического равновесия системы, что формализуется как недопущение дальнейшего расслоения (или свертки). Это соответствует, согласно (3.8), изменению потенциала для каждого элемента каждого слоя в границах  $\pi \div \pi \cdot \Phi$ . Таким образом, для показателей, производных от потенциала, имеем следующее положение:

**6.4.** *Границы изменения показателей, относящиеся к одному уровню, не должны превышать отношений, равных  $1:\Phi$  для сценария (6.2) или производных от него для сценариев (6.3), (6.4).*

Например, диапазоны ритмов мозга человека [41,с.166-174]) близки к отношению  $1:\Phi$ ; выход за эти границы знаменует изменение психического состояния (подраздел 6.2.). В разделе 8 положение 6.4. будет использован для расчета границ адаптации и эргономических показателей.

Положения 6.1-6.4 определяют весовые коэффициенты тех или иных взаимодействий, используются при оценке влияния производственной среды (задача 6.2), определяют возможности расчета психофизиологических показателей.

Рассмотрим предсказания теории относительно **расслоения времени**.

Согласно свойств 3.6-3.9 и их следствий, единицы измерения времени для каждого из слоев закономерно уменьшаются по мере расслоения (3.12); существуют сценарии, для которых время существования каждого слоя, измеренный в его собственных единицах, является одинаковым (3.13). При этом время существования любого элемента и любого слоя не превышает времени существования  $C$ - пространства в целом (3.14).

Известно, что масштабы времени для различных уровней организма неодинаковы - различают согласованные с астрономическими явлениями хронобиологические ритмы организма, физиологических систем, органов, клеток, биохимических реакций [83,с.15-44]. При переходе к следующим членам этого

ряда масштаб времени уменьшается. Это свидетельствует о закономерной расчлененности единого потока времени на отдельные ритмы при сохранении целостности системы «человек - среда» (задача 6.1.). Следовательно:

**6.5.** *Расчленение времени на потоки, соответствующие уровням организации системы, обусловлено необходимостью сохранения ее целостности соответственно (3.12-3.14).*

Таким образом, МЧС соответствует известным данным о структурах и процессах системы «человек - среда» и прогнозирует качественные, а в ряде случаев и количественные закономерности. Рассмотрим пример их использования.

**Задача 6.1.** *Согласование интенсивности труда с природными ритмами.*

*Постановка.* Физиологические показатели человека изменяются соответственно времени суток, фаз месяца, сезонов года, уровня солнечной активности и т.д. Данные о влиянии этих факторов неполные [83,с.7-87]. Это не позволяет откалибровать МЧС и отследить все механизмы такого влияния. Ограничимся рассмотрением суточных, месячных и годовых ритмов на уровнях организм - физиологическая система - орган, связь которых с обращением и движением Земли и Луны вокруг Солнца установлена.

*Решение.* Выясним,

1. Образуют ли астрономические ритмы и биоритмы целостную систему

А. Структура годового ритма моделируется С- графом (рис. 6.2а) согласно сценарию (6.2). Калибруя его по уровням и рассчитывая их продолжительность по (3.9, 3.12), а также приняв во внимание отсутствие переходов  $\cup \rightarrow \bullet \rightarrow \cup$ , что выражается в отсутствии коэффициента 0.5 в (3.9), имеем:

1 - год - главный цикл; 2 - год как волна, которая включает половины, которые соответствуют полугодиям между осенними и весенними равноденствиями - теплый и холодный сезоны; 3 - 2 пары сезонов: весна - между точками весеннего равноденствия и летнего солнцестояния; лето - до точки осеннего равноденствия и т.д.; 4 -  $4 \cdot 3 = 12$  месяцев, по три в каждом из сезонов; 5- $12 \cdot 5 = 60$  неделя и 6- $60 \cdot 8 = 480$  дней.

Б. Расчетная схема месячного ритма также соответствует графу на рис.6.2а. После калибровки и расчетов, имеем: 1 - месяц; 2 - месяц как волна, которая включает периоды от молодой луны до полной и от полной к новолунию; 3-4 фазы месяца (недели); 4-12 циклов; 5-60 дней.

В. Сравнивая расчетные значения с фактическими продолжительностями астрономических лет и месяцев, (365, 25 и 29,5 суток) констатируем их несогласование, т.е. отсутствие целостности системы.

Г. тсюда следует необходимость учета в годовом цикле трех независимых ритмов, а также невозможность их согласование в границах цикла.

Д. С- граф суточных ритмов соответствует рис.6.2а: 1 - сутки; 2 - сутки как день и ночь; 3-4 шестичасовых циклов; 4-12 двухчасовых циклов.

Е. Сравнивая расчетные значения суточных ритмов с биоритмами для организма (24 ч.) - физиологических систем (12 и 6 ч. для систем инь- и ян- органов и меридианов) - органов (2 ч.), констатируем их совпадение.

Ж. Продолжительность интервалов пятого уровня от  $120/5=24$  мин. до  $24*\Phi=15$  мин. Это соответствует рекомендованным промежуткам времени непрерывной работы оператора - 15-20 мин. согласно [48].

2. Механизмы влияния ритмов природы на биоритмы человека. Принимаем, что для годовых ритмов определяющим является температурный градиент, для месячных - изменения тяготения, для суточных - освещенность и температура. Принимаем во внимание также наличия «этнокультурного фактора».

Идея цикличности бытия пронизывает культурные традиции индоевропейского, дальневосточного, мезоамериканского ареалов [61,95,с.165-197;167,305] и противостоит идее линейности времени, который преобладает в современной цивилизации. Сила влияния этого фактора иллюстрируется, например тем, который по утверждению Г. Вирта, как раз идея годового цикла лежала во главе угла прарелигии человечества. Поэтому при определении интенсивности труда оператора в течении продолжительных промежутков времени нельзя игнорировать связанных с нею стереотипов поведения.

3. Ритмы и календарь. Современный календарь не согласован с астрономическим началом года и фазами месяца. Дестабилизирующую роль играет переход на зимнее и летнее время, который равнозначно внезапному изменению временного пояса [83].

*Рекомендации по планированию интенсивности труда.*

1. Ориентировочный годовой график интенсивности труда показан на рис 6.2б. Отметим некоторые особенности его применения:

**6.6.** *Определение времени отпуска должно проводиться индивидуально соответственно данных медицинского обследования оператора.*

Так, сезонная активность сердца уменьшается во второй половине августа; для человека с слабым сердцем окончания отпуска в это время может привести к заболеванию.

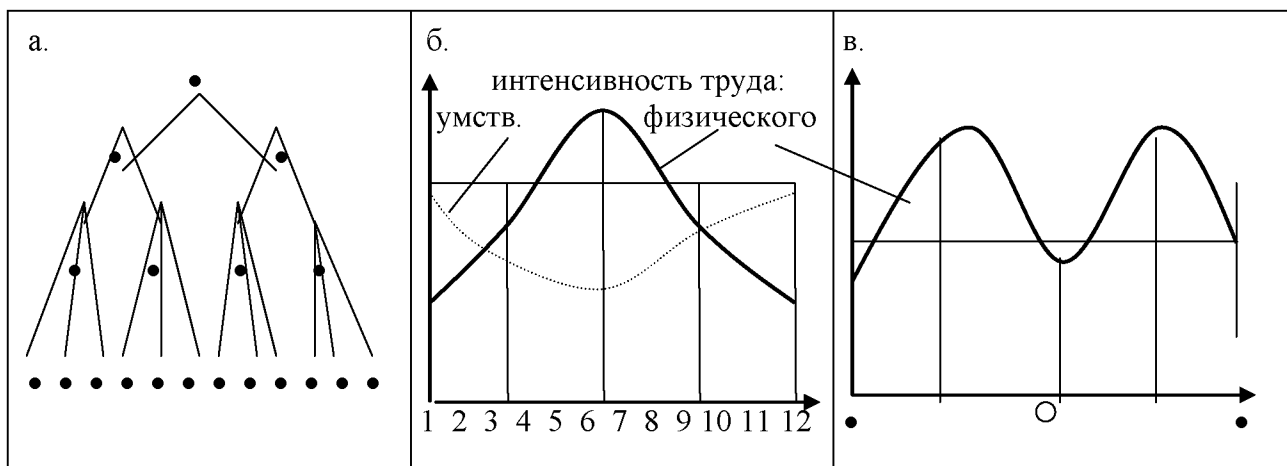


Рис. 6.2. Согласование интенсивности труда с годовыми и месячными ритмами

**6.7.** *Критические точки (изменение сезонов и межсезонья) должны сопровождаться кратким отдыхом и восстановительными процедурами. В это время целесообразно планировать профилактику оборудования, переподготовку и т.п.*

В традиционных культурах к таким дням приравнивались посты и праздники (интуитивное применение коинциденции для компенсации неблагоприятных факторов).

**6.8.** *Изменение интенсивностей труда должно ограничиваться отношением  $1:\Phi$ .*

2. Ориентировочный месячный график интенсивности труда показан на рис. 6.2в. Отметим желательность:

**6.9.** *Повышения нагрузки в дни 1-й и 3-й фаз; снижения нагрузки в дни перед или после новолуния и полнолуния, а также во 2-й и 4-й фазах в границах  $1:\Phi$ ; отдыха или ослабления интенсивности труда в дни изменения фаз.*

3. Ориентировочный график интенсивности труда показан на рис.6.3 [144,с.272].

Рис. 6.3. Суточный график рекомендованной интенсивности труда.

Его периоды и характерные точки связаны отношениями «золотого сечения» [144,с. 272-273]. Отметим необходимость:

**6.10.** *Предварительного тестирования с целью определения «сов» и «жаворонков»; увязывание интенсивности и характера труда операторов с состоянием здоровья и активности органов и систем; информирование о фазах месяца, сезонную и суточную активность органов и систем - это компенсирует оторванность от природы - и их этнокультурную интерпретацию - это усилит влияние таких сведений.*

Способом информирования могла бы стать специальная заставка, высвечиваемая на экране в начале работы и т.п.

*Комментарий.* Как следует из построенных графиков, выполнение рекомендаций 6.6-6.10 позволяет лишь уменьшить несоответствие интенсивности труда природным и биологическим ритмам. Добиваться следует как раз уменьшения: как показывают данные исследований [83,с.48-57], механизмы адаптации, гомеостаза и десинхроноза в этом случае дают «тренировочный» эффект, позволяя улучшить показатели, которые влияют на производительность труда.

## **6.2. Моделирование организации системы восприятия**

**Постановка задачи.** Существуют многочисленные модели восприятия, построенные с позиций биологии, психологии, информатики и т.д.

[40,50,52,161,169,194,289]. Каждая из них имеет право на существование. Тем не менее, для целей работы необходима модель, которая позволит определить последовательность и относительный вес отдельных видов восприятия и будет согласованная с иными моделями операторской деятельности в рамках МЧС. Это особенно важно, поскольку как раз несогласование и несовместимость являются главными источниками ошибок управления для операторов [70,71,283].

**Верификация.** Модель восприятия (МВ) может считаться реалистичной, если позволит интерпретировать и объяснить:

- существующий набор видов восприятия и типов сенсорных каналов, а также их приоритетность; явления факторной накладки и синестезии; связь последовательности, характеристик, особенностей восприятия, в частности, гештальтов, с состоянием сознания и предыдущим опытом оператора;
- несоответствие непрерывности потока данных и дискретности их восприятия, в тех случаях, когда это не связано с порогами восприятия рецепторов.

**Построение модели восприятия.** Обычно выделяют 2 группы и несколько видов восприятий [169] (рис. 6.4а), связанных с различными стадиями процесса управления (рис. 6.4б [282]).

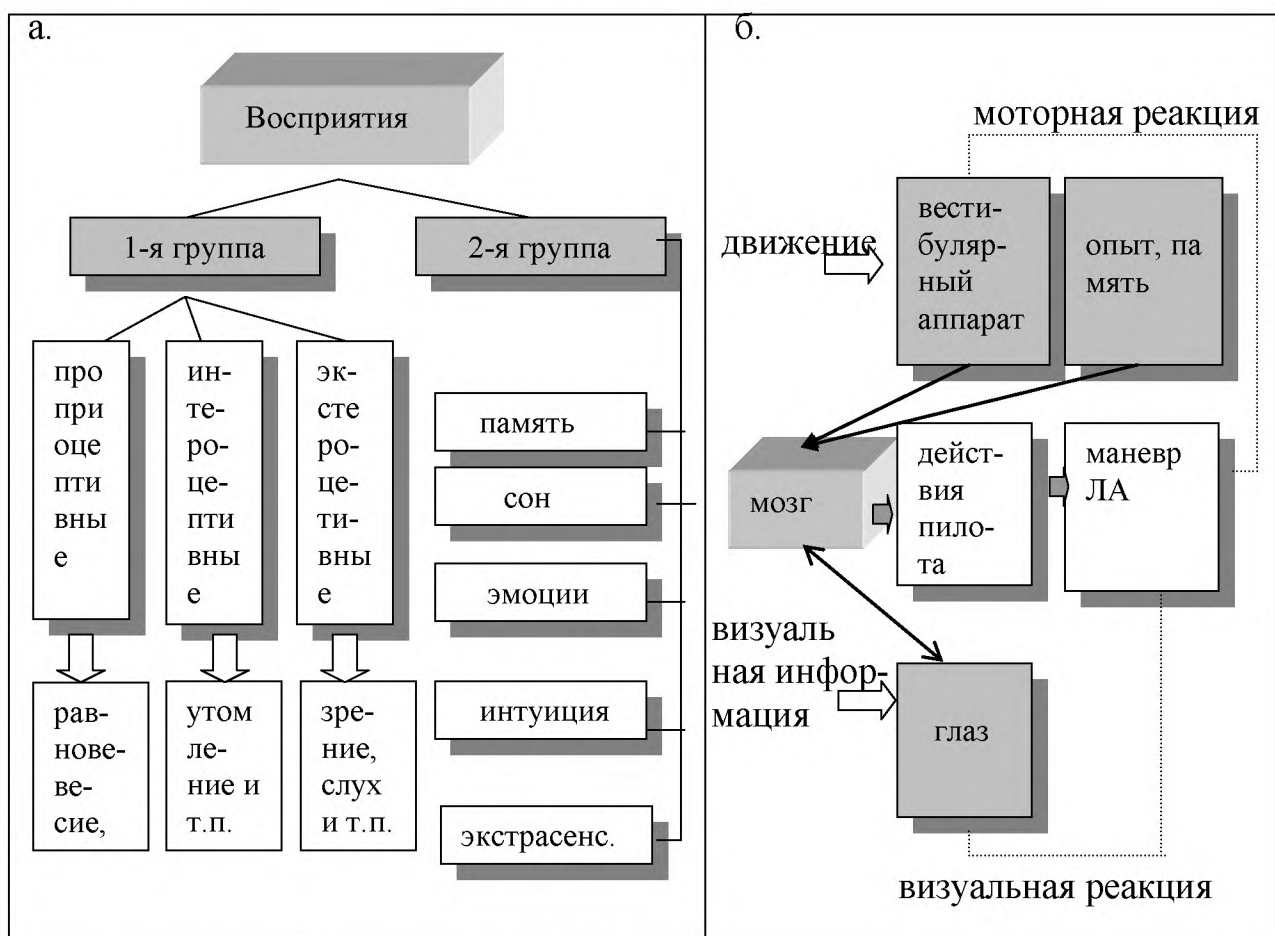


Рис. 6.4. Виды восприятия и их роль в процессе принятия решения  
Рецепторы первой группы естественно группируются за типами; их коли

Рецепторы первой группы естественно группируются по типам; их количества равны числам Фибоначчи. Это позволяет отнести их к 4 и 5 уровням МЧС и объяснить явления факторной накладки и синестезии (приводим выводы согласно [137,с. 40-41]).

А. Факторная накладка проявляется в форме взаимного усиления или ослабления восприятий: *«Звуковой раздражитель может заострить влияние зрительного ощущения, повысить его чувствительность»* [218,с.12]. *«Влияние шума на зрительное восприятие информации (чтение и распознавание) отрицательно. Погрешности запоминания перечня предметов возрастают от 10-20 до 70-80%»* [286,т.2,с.26]. Эти эффекты в рамках теории С- операций поясняются следующим образом: поскольку зрение, слух и т.д. и их органы соответствуют одному слою (в отдельности для психической и телесной составляющих), при общем восприятии создаются условия для образования многокомпонентных волн, которые, как было показано в подразделе 5.1., приводят к изменению их суммарного потенциала, т.е. усилению или ослаблению ощущений.

Б. Синестезия - *«перенесение качеств одних ощущений на другие, например, слухового на зрительное»*, возможное при *«общей работе органов»* [217,с.12], - является следствием реализации условий 3.2. возникновения коинциденции. В результате образуется С- элемент, который «наследует» чувствительность к разнокачественным влияниям, которые распознается на высшем уровне как неспецифическая или ошибочная реакция.

Калибровка восприятий первой группы проводится по экспериментальным данным [169].

Восприятие второй группы не проявляют, тем не менее, такого единства. Возможное выделение нескольких таксономических признаков: соответственно членению времени, состоянию сознания, и тому подобное. Поэтому очевидным является несовершенство таких классификаций, в частности, для определения весов восприятий. В то же время, ряд фактов указывает на существование признаков системности восприятий 2-й группы. К ним относятся:

- соответствие различных экстрасенсорных восприятий сенсорным ощущениям - указание на симметрию элементов слоев с одинаковыми номерами;
- «глобальность» действия интуиции - восприятие предмета в целом;
- наличие последовательности восприятия, начиная с *«быстрого осознания характерных и более всего ярких особенностей структуры... Результирующая структура будет как можно более простой... равновесие, упрощение, стремление к избирательности, увеличению симметрии, выделение лишней детали, упрощение формы, стремление к замкнутой форме, повторение очертания, увеличение членений, переход от наклонного положения к вертикальному»* [16,гл.2] - указание на самоорганизацию; корреляция эмоций с восприятиями в границах одного или нескольких уровней. Например, эмоциональные реакции на тот или иной тон зависят и от цвета, и от положения в пространстве, так, как показано в табл.6.1. [218,с.56].
- многоуровневая корреляция интуиции и эмоций, сопровождаемая согласованностью последующей реакции. Так, неравновесие ком-

позиции (оценивается интуитивно), сопровождается чувством неудовлетворенности (эмоция) и генерирует желание восстановить равновесие (реакция) [16, гл. 1]. При этом эмоции отличаются качественно (по калибровочным инвариантам слоев) и количественно (по мере отклонения от значений потенциала, которые обеспечивают целостность, усиливает дискомфорт, и тому подобное). Другими примерами являются соответствия высоты звука и цвета - высокие звуки «при посредничестве» одинаковых эмоций ассоциируются с светлыми тонами, низкие - из темными» [281, с. 68-69], ассоциации цветов и запахов и т. д. [169].

**Таблица 6.1.** Объемно-пространственные ассоциации цветов.

Тона	Сверху	Сбоку	Снизу
теплые, светлые: светло-желтый, розовый	возбуждают	согревают	поднимают плоскость
затемненные теплые: оливково-желтый, коричневый	закрывают пространство, ощущение, давления	приближают плоскость	усиливают ощущение плоскости
светлые, холодные: голубой, бирюзовый, лиловый	расширяют пространство	охлаждают, расширяют пространство	делают поверхность скользкой
темные, холодные: темно-синий, темно-зеленый	создают ощущение тьмы и угрозы	охлаждают, делают печальным	создают угнетенность

Опираясь на эти факты и данные [41, 169, 170], определим и представим в табл. 6.2. соответствия восприятий, психических состояний и ритмов мозга.

**Таблица 6.2.** Корреляции видов восприятия.

№ у-ня	Кол. с-ев	Объект восприятия	Восприятие	Психические состояния	Ритм мозга
1	1	целостность системы «человек - ...»	интуитивное	расширенное сознание	неизвестен
2	1	эго; гомеостаз; целостность организованной структуры на неорганизованном фоне	интуитивное	покой, сон без сновидений	$\Delta$ - ритм, 0,5-4 Гц
3	2	бинарная оценка - хорошо, плохо и т.п. и воздействие	плюс воля и эмоции	отдых, неглубокий сон	$\Theta$ -ритм, 4-7 Гц
4	3	тернарная организованность; пространство-время.	плюс интеллект	бодрствование; внимание	$\alpha$ - ритм, 8-13 Гц
5	5	сенсорные раздражители: свет, звук и т.д.; чувство равновесия; усталость, голод и т.д.	плюс рецепторы (3 группы)	сенсорное восприятие; умственная работа	$\beta$ - ритм, 14-35 Гц
6	8	главные цвета, звуки и т.д.; градации равновесия; усталости и т.д.	то же	возбуждение	$\gamma$ - ритм, 34-55 Гц
7	13	градации цвета, звука, и т.п.	то же	то же	то же
8	21	дальнейшие градации цвета и т.д.	то же	то же	то же <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Соответствие  $\gamma$ -ритма 6-8 уровням подчеркивает изменение сценария на этой стадии; по мере роста возбуждения ритм ускоряется [41, с. 170-171].



Анализ таблицы позволяет установить следующие положения:

**6.11.** Как предмет, так и система восприятия, представляют собой многоуровневые системы, инвариантные С-графу МЧС

**6.12.** Для системы восприятия ( $Cn^+$ ) потенциально возможно восприятие кососимметричных структур тех же уровней ( $Cn^-$ )

**6.13.** Система восприятия включает все телесные (до уровня 5) и психические структуры человека

**6.14.** Приоритеты и веса отдельных видов восприятия определяются их потенциалами соответственно МЧС.

Таким образом, поскольку каждому уровню соответствует расчетный потенциал, появляется возможность, зная приоритетность и коэффициент условий восприятия, количественно определить значимость любого из взаимодействий.

**Объектная МВ.** Управляясь положениями 6.11.-6. 14. , построим РЗ-диаграмму восприятия (рис. 6.5 ).

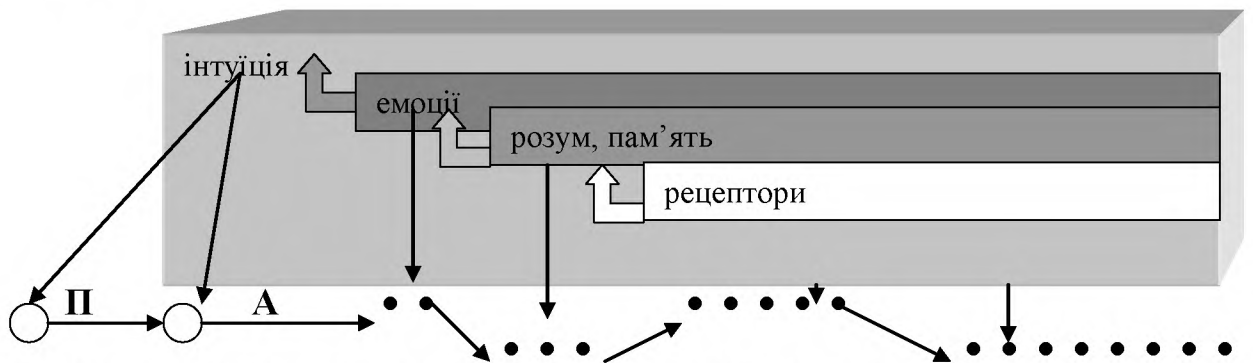


Рис. 6.5. Уровни и последовательность восприятия

Проверим ее соответствие фактам, употребляя данные гештальтпсихологии о развитии восприятия [16,236,286,т.1,с.189-192]:

А. Целостность объекта, воспринятого несколькими рецепторами - является следствием целостности системы восприятия;

Б. Восприятие целостной картины, выделение фигуры на фоне, дифференциация, улавливание характерных особенностей, от общих к отдельным - соответствует расслоению  $Cn$ , тогда как процесс поэлементного восприятия - свертке.

В. Группирование близких и подобных элементов (число элементов -  $7 + 2$  - так называемые числа Миллера [236], или 4-8, [290,с.8]); «исправление» формы (упрощение, изменение ракурса, заполнение пробелов) - соответствуют расслоению С-пространству, числу Фибоначчи 8; вариабельности потенциала в границах  $\pi$ - $\pi\Phi$  и «подгонке» воспринятых характеристик под эти уровни и границы.

Г. Существование врожденных «лучших» группировок элементов, их схожие эмоциональные оценки для представителей различных культур [61,305] - соответствуют универсальности расслоения-свертки  $Cn$  и их инвариантов, как принципов организации.

Д. Допущение о расслоении С-пространства с образованием перпендикулярных элементов вплоть до 5 слоя, а далее - только параллельных, позволяет

объяснить наблюдаемые группировки качественных и количественных признаков предметов, [127, свойства 4.22.,4.23.]. Это позволяет также дать оценку выразительных средств ОМ, которые используют графические или звуковые символы [127, свойства 4.24.,4.25.];

Е. Активность (доминанта) одного органа восприятия, задержка при переходе от одного вида восприятия к другому, необходимость настройки органа, время фиксации (количественные характеристики приводятся в [289,с.8-18]) объясняется соответственно: состояниями существования А, П; необходимостью свертки и расслоения для перехода от одного С- элемента к другому (стрелки на рис. 6.5); необходимостью влияний С и О для изменения состояния С- элемента; целостностью психической и телесного компонентов человека; неодномоментностью перехода  $\Pi \rightarrow A$  и  $\cup \rightarrow \bullet$ ;

Ж. Связь МЧС с состояниями сознания и ритмами мозга указывает на существование нейронных ансамблей - эквивалентов уровней МЧС - и их пространственную локализацию, например, в затылочной и теменной частях для 4-го слоя ( $\alpha$ -ритм), в лобных судбах для 5-го уровня ( $\beta$ -ритм), и тому подобное. Две закономерности распределения частот ритмов - основанные на прогрессии с коэффициентом 0.5, а также  $\Phi$  и производных от  $\Phi$  инвариантах - объясняются расчетными изменениями потенциалов (вдвое при переходе  $\cup \rightarrow \bullet$  и с коэффициентом  $\Phi$  при переходе от слоя к слою [127,с.71-72]). Соответствие между субъектной и объектной половинами С- пространства сказывается, в частности, в совпадении частоты главного ритма мозга -  $\alpha$ -ритма - с частотой геомагнитного поля Земли и электростатических волн атмосферы [41,с.174].

Следовательно, *МВ коррелирует с известными закономерностями восприятия.*

Для калибровки несенсорных восприятий следует воспользоваться методами, изложенными в [127,с.118-124]; для учета субъективных показателей конкретного оператора необходимо провести тестирования.

**Оценка относительного веса различных видов восприятия.** Необходимо определить потенциальные возможности каждого из видов восприятия и их «технические» характеристики. Каждая из этих оценок независима от другой.

1. А. Локальность или глобальность действия оцениваются как сумма потенциалов задействованных уровней МЧС, выраженная относительно потенциала первого слоя.

Для расчетов удобно принять потенциал первого слоя равным 162 единицам (получаемые оценки будут выражаться легко воспринимаемыми не очень большими или малыми числами) и использовать условные единицы с округлением к целым числам. При проведении экспериментальной работы необходимо определять связь величин, которые измеряются, и их единиц измерения, с потенциалом для каждого слоя в отдельности.

Б. Значимость вида восприятия для профессиональной деятельности, выражается коэффициентом  $k_1$ , для каждого с задействованных слоев в границах  $0 \div 1$ ;

В. Коэффициент условий восприятия  $k_2$  выражает уровень комфортности и т.п., для каждого из слоев в границах  $0 \div 1$ ;

Г. Связь с распознаванием и принятием решения выражается разностью между номером слоя рецептора ( $i_1$ ) и номером слоя, в котором происходит распознавание и решение ( $i_n$ ), плюс единица.

Формула расчета оценки  $p$  примет вид

$$p = \frac{\sum_{j=i_1}^{i_n} \pi_j \cdot k_1 \cdot k_2}{i_i - i_n + 1} \quad (6.5)$$

2. Устойчивость к препятствиям и факторных накладкам, пропускная способность, возможность работы без психологической настройки оцениваются как «высокие», «средние» и «низкие». Подчеркнем использования качественных оценок, несмотря на наличие количественных данных [286,290,292], поскольку, согласно следствия 1 утверждения 3.5., информационные оценки неприемлемы для разнокачественных характеристик.

**Оценка потенциальных возможностей видов восприятия.** Соответственно (6.5), и принимая все  $k_2=1$ , имеем:

- для интуиции ( $k_1=1$ ):  $(162+99+61+37+23+14+8+5) \cdot 1 \cdot 1/1=409$ ;
- для зрения ( $k_1=0.8$ ):  $23 \cdot 0.8 \cdot 1/(5-4+1)=9.2$ ;
- для слуха ( $k_1=0.1$ ):  $23 \cdot 0.1 \cdot 1/(5-4+1)=1.15$ .

**Оценка «технических» характеристик:**

- для интуиции: низкая, высокая, низкая;
- для зрения: высокая, высокая, средняя;
- для слуха: средняя, низкая, высокая.

Аналогично можно оценить возможности других рецепторов.

Из приведенных данных следует, что каждый из видов восприятия имеет определенные недостатки. Тем не менее, они дополняют друг друга, позволяя компенсировать недостатки каждого из отдельных видов. Отсюда следует рекомендация:

**6.15. Обеспечение надежности СОИ требует ее организации следующим образом:**

- данные о работе оборудования представляются в форме, удобной для интуитивного восприятия;
- визуальные данные используются как способ управления эмоциональным состоянием оператора и поддержки настройки на интуитивное восприятие;
- звуковое сопровождение дублирует, а при необходимости и усиливает эмоциональную настройку, не создавая при этом препятствий для переговоров.

Таким образом, необходимо добиваться, чтобы оператор не просто «интересовался» показаниями приборов, а «сочувствовал» изменениям, которые

происходят, «вживаясь» в ситуацию. Это содействует концентрации внимания и, следовательно, стабилизирует информационный обмен. Соответствующие средства будут предложенные ниже.

Организованную на основах 6.15. систему отображения информации будем называть *интуитивной (ИСОИ)*.

**Инварианты восприятия.** Согласно колористической системе МКО, цвет характеризуется тоном, чистотой (насыщенностью) тона, яркостью. Световые волны образуют непрерывный ряд в диапазоне 396-670 нм, который, тем не менее, воспринимается как дискретный. Цвет как таковой (1 градация, уровень 2) включает светлые и темные тона (2 градации, уровень 3); теплые, нейтральные и холодные тона (3 градации, уровень 4), 5 холодных тонов (уровень 5), наконец, 8 главных цветов (уровень 6, табл. 6.3).

**Таблица 6.3. Основные цвета [218,с.11].**

Цвета	фиолетовый	синий	голубой	зеленый	желто-зеленый	желтый	оранжевый	красный
Длины волн, нм	396-450	450-480	480-510	510-550	550-575	575-585	585-620	620-670

Эти градации не опираются на пороги восприятия: соответственно [286,т.1. табл.4.3.], для цвета средней интенсивности глаз имеет возможность различать 128 оттенков, которые классифицируются, тем не менее, как 12-13 цветов. Такая же картина наблюдается для яркости: 570 уровней, которые различаются для белого цвета [286, т.1.,табл.4.2.] воспринимаются как 2; 3; 5 градаций (до 25, по данным [65,с.33]). По насыщенности тона выделяется больше 10 уровней; всего по всем показателям возможно более  $120*25*10=30000$  градаций [65,с.33].

Приведенные числа совпадают с первыми числами Фибоначчи (1, 2, 3, 5, 8), достаточно хорошо коррелируют из следующими (13, 21), и приблизительно - с прогнозируемыми количествами оттенков одного цвета  $8*13=104<128$  и градаций по всем показателям  $8*13*13*21=28392<30000$ ).

Это распределение объясняется так: равенство - соответствием уровням МВ, содержащим перпендикулярные С- элементы с большими потенциалами, и потому легко заметными; хорошая корреляция - соответствием уровням МВ, содержащим параллельные С- элементы с меньшими потенциалами, менее стойкими при взаимодействиях и менее заметными; приблизительная корреляция - учет нескольких показателей (тон, чистота, яркость) – соответствует операции дифракции, когда количество элементов изменяется в сравнении с количеством исходных. Нечеткость данных различных источников также оказывает содействие расхождению с расчетными показателями.

Анализ основных цветов, проведенный в [114,с.211-216], позволил выявить и другие закономерности, связанные с золотым сечением (границы спектра и отдельных цветов, наибольшая чувствительность глаза к желто-зеленому цвету, и т.п.), что позволяет, например, уточнить расходящиеся данные различ-

ных источников. Отметим, что выявленные закономерности не отрицают, а дополняют другие, в частности, закон Вебера-Фехнера.

Аналогичная картина наблюдается при восприятии звуков. Раздражитель как таковой (1 градация) воспринимается как высокий или низкий звук (2 градации). Согласно [286, т.1, табл.4.2., 4.3.], на частоте 2000 Гц (наилучшей слышимости) ухо способно различить 325 уровней громкости, которые воспринимается, тем не менее, как 3-5 градаций; при громкости 60 Дб в границах 20-20000 Гц (пороги слышимости) ухо различает 1800 уровней, которые классифицируются как 4-5. 8 тонов составляют музыкальную октаву; результаты ее детального исследования с позиций золотого сечения приведены в [144, с.158-164].

Эти оценки носят среднестатистический характер и могут отличаться как для различных профессиональных групп, так и отдельных личностей. Известно, например, который К.К. Сараджев различал 1701 звуковой тон в диапазоне от до-бемоль до си-диез [281, с.15]. Тем не менее, ориентироваться следует на среднестатистические данные. Это приводит к следующему выводу:

**6.16.** *В ИСОИ следует использовать не более 8 градаций цвета или звука для отображения качественных изменений данных и не более 13 для дискретного представления их количественных изменений.*

Изложенные материалы позволяют считать, что *МВ* объясняет последнее из используемых для ее проверки положений - о несоответствии непрерывного характера раздражителей и дискретности их восприятия.

Приведем пример применения положения 6.16.

**Задача 6.2.** *Определение количества объектов, которое может одновременно воспринимать оператор.*

*Постановка.* Количество приборов современных СУ значительно превышает емкость оперативной памяти человека (5-9 единиц, который соответствует числам Миллера); следовательно, задействованные иные механизмы восприятия и обработки. Необходимо их объяснить, а также уточнить максимальное количество объектов.

*Решение.* Примем  $k_1=1$ . Рассмотрим две распространенные ситуации.

**1. Группирование приборов.** Согласно рис.6.5, естественное группирование, подтвержденное приведенными выше данными, включает 1, 2, 3, 5, 8, 13,... групп и объектов. Соответственно положению 6.16, ограничим его числом 8. Тогда максимальное количество объектов будет равно  $1*2*3*5*8 = 240$ . Подчеркнем, что это будет иметь место лишь тогда, когда они образуют целостную систему.

**2. Контроль динамических объектов.** Эта ситуация является типовой, например, для авиадиспетчеров. При ее анализе необходимо исходить из того, что контролируемые объекты, как правило, не составляют целостной системы, следовательно, при подсчетах следует учитывать лишь количество задействованных каналов восприятия в каждом конкретном случае. Для авиадиспетчеров отсутствуют интероцептивные и проприоцептивные сигналы, а экстероцептивные каналы ограничены зрительным и слуховым восприятием. Тогда, принимая

$k_2=(0.7\div 0.9)$  для зрения и  $k_2=0.1$  для слуха [290], при условии образования ними коинциденции, подсчитываем:  $1*2*1*((0.7\div 0.9)+0.1)*5*8=(64\div 80)$  объектов.


*Комментарий.* 1. Количество приборов на пультах контроля атомных электростанций, самолетов, и т.п., достигает более 1000, превышая рекомендованное количество более, чем в четыре раза. Это несоответствие показывает, что оператор не в состоянии контролировать ситуацию в целом, и вынужден ограничиться важнейшими, по его мнению, фрагментами. Хотя этот образ действий срабатывает в стандартных ситуациях, тем не менее он является источником ошибок в критических. Следовательно, для предотвращения необходимо *изменять форму подачи информации* (см. подразделы 6.4.,7.4.) или *увеличивать количество операторов соответственно рекомендациям 5.10-5.17.*

2. Подсчитанное количество может показаться чрезмерным, если сравнить его с нормативными ограничениями - не более, чем 14 объектов. Тем не менее, известен случай успешной работы диспетчера Ростовского аэропорта синхронно с 54 объектами, что достигалось за счет их группирования. Следовательно, *возможное совершенствование нормативов, при условии обучения операторов правилам группирования соответственно уровням МВ* (см. главу 8)

*Настройка и калибровка восприятия для операторов ИСОИ* происходит согласно определенной в 2.4. последовательности. Коды информационной системы выступают в качестве ОМ, обеспечивающей выход на соответствующий уровень восприятия, создавая необходимое настроение. Могут применяться любые предметные, графические или звуковые образы, *которые имеют необходимый набор калибровочных инвариантов.* Отметим, что исследованию влияния образов, в частности эстетичного, мешает определенная односторонность подходов [16,24,161,167]. Калибровочные же инварианты, приведенные в табл. 6.4, связывают форму с эмоциональной реакцией и уровнями восприятия и, следовательно, позволяют учитывать несколько факторов.

**Таблица 6.4.** *Примеры инвариантов графический символ - эмоциональная оценка*

Числовой инвариант	Графическая форма	Постоянная (инвариантная) эмоциональная оценка
1		абсолют, отчужденный от всего окружающего
2		противостояние, борьба; динамическое равновесие противоположностей; эволюция-инволюция
3		гармония; статическое равновесие сходств; самодостаточность триединства
4 (2+2)		устойчивость, экспансия в плоскости; единство двух планов
5 (2+3)		гармония и борьба разноплановых сущностей
6 (3+3)		взаимопроникновение двух самодостаточных сущностей
7 (3+4)		степени схождения, развитие к состоянию совершенства

8		полнота, динамическая устойчивость развития
9 (3+3+3)		исчерпанность цикла
10		завершение цикла

Согласно [61,305], эти символы универсальны для человечества как в этнокультурном, так и в историческом плане. Они отражают последовательность и эмоциональную оценку событий космологического мифа о создании мира (1), его дифференциацию (2, 3, 2+2, 5, 3+3, 7, 8, 3+3+3), борьбу групп богов (2), их тройственность (3, 3+3), гибель мира (9) и начало нового цикла (10) [61,95,с.165-195]. Таким образом, они вызывают наиболее архаические и стойкие архетипные ассоциации. И наоборот, развитие и «топология» мифа может быть истолкованы, исходя из последовательности и «топологии» самоорганизации. Следовательно, приведенные соответствия объективны. Отметим, что изменение ориентации символов изменит и эмоциональные соответствия [16,299].

Облегчить управления состоянием оператора может использование ассоциаций цвет-звук; некоторые данные приведены в [127,табл.2.4,281,с.69].

Окончательно:

**6.17.** *Для управления состоянием оператора следует использовать:*

- *наборы символов, калибровочные инварианты которых коррелируют с необходимой эмоциональной реакцией;*
- *полученные на статистически достоверной выборке данные о соответствиях цветов и звуков.*

Отметим, что данные индивидуального тестирования можно применять для настройки ИСОИ на конкретного оператора, что исключит несанкционированный доступ к системе, кардинально решая проблему безопасности.

**Применение модели восприятия для оценки влияния геометрии помещения на состояние оператора.** Этот материал обобщает данные предыдущих публикаций [127,135,136].

**Постановка задачи.** Существует огромный «банк данных» архитектурных и конструктивных решений, основанных на использовании разнообразных форм и систем пропорций [47]. В то же время, неясными остаются механизмы влияния геометрии и ее «вес» в ряду других факторов, которые определяют самочувствие оператора (см. табл.5.1). Это не позволяет решать, исходя из теоретических прогнозов, такие практические вопросы, как подбор формы помещения, в зависимости от его назначения, компенсация неудачной формы за счет других факторов, и тому подобное. Таким образом, исследование таких механизмов является актуальным; это декларируется довольно часто [96], но реально сводится к рассмотрению частных случаев, например, к геометрической интерпретации эмпирических корреляций параметров интерьера и восприятия звуковой информации [237].

Следовательно, необходимо, исходя из прогнозов на основе МЧС и МВ, определить:

- механизмы влияния геометрии помещения;

- относительные веса отдельных факторов;
- вес всех геометрических факторов и возможности компенсации их влияния;
- рекомендации по применению геометрических факторов для управления состоянием оператора.

**Ограничения.** Решение задачи в общей постановке является предметом отдельного исследования, поскольку требует введения в оборот огромного объема данных и проведения необходимых для калибровки экспериментов, которые выходят за пределы темы данной работы. Поэтому введем два ограничения: 1) будем рассматривать лишь некоторые формы и факторы, достаточные для демонстрации методики, и 2) не будем рассматривать обменов, которые приводят к парадоксальным реакциям.

**Определение механизмов влияния.** В результате приспособления человека к условиям окружающей среды образовалась система восприятия, которая моделируется как МВ (рис. 6.5) и является составной частью МЧС (рис. 6.1). При работе в помещении, оператор изолируется и ему приходится воспринимать его форму как замену среды. В результате система восприятия начинает эволюционировать, приходя к виду, который соответствует графу организации помещения. Для перестройки приходится затрачивать *определенный потенциал, размер которого и определяет степень влияния геометрии помещения. «Адреса» этого влияния показывают различия топологий графа помещения и МЧС; несоответствие групп и порядков симметрии характеризует «направления» обменов.* Абсолютные величины потенциалов и единицы измерения определяет калибровки для элементов каждого из слоев.

**Относительные веса факторов** подсчитываются из соображений, аналогичных использованным при выводе (6.5), а именно, из необходимости учесть количества и потенциалы задействованных слоев и элементов, а также коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$ . Имеем:

- для потенциала: разность между фактическим  $\pi_f$  и теоретическим  $\pi_i$  потенциалом элементов слоя, с коэффициентами  $a_i = k_2 * 0,618 * a_{i-1} / i$ , пропорциональным, согласно положение 6.14, расчетному потенциалу слоя:

$$P_2 = \sum_{i=k}^K a_i |\pi_f - \pi_i|, \quad (6.6)$$

где  $K$  – последний из сопоставляемых слоев;  
 $k$  – первый из сопоставляемых слоев.

- для элементов: разность между фактической  $n_f$  и теоретической  $n_i$  количеством элементов слоев, в отдельности для каждого из них, с коэффициентом  $a_i$ ,



$$P_1 = \sum_{i=k}^K a_i |n_f - n_i|, \quad (6.7)$$

для симметрии: разность между фактическими  $s_f$  и теоретическими  $s_i$  порядками симметрии (в случае одинаковости групп симметрии) для каждого из задействованных слоев с соответствующим коэффициентом  $a_i$ :

$$P_3 = \sum_{i=k}^K a_i |s_f - \delta s_i|, \quad (6.8)$$

где  $\delta = \{0, \text{ группы симметрии не одинаковые}; 1, \text{ группы симметрии одинаковые}\}$

Общая формула оценки влияния помещения приобретет вид:

$$P = \sum_{j=1}^3 k^{-1} {}_1j \cdot P_j, \quad (6.9)$$

Использование  $k-1$  вместо  $k$  обусловлено тем, что, по аналогии с (6.6-6.8), меньшее значение  $P$  должно отвечать большей согласованности с МВ. Соответствие лучшего решения минимальным или максимальным  $P$ , так же, как и целесообразность применения (6.6-6.8) или (6.9) следует, как будет показано ниже, из намерений относительно функционального использования конкретного помещения.

**Вес геометрических факторов в общей оценке помещения. Возможности компенсации.** Поскольку восприятие пространства, согласно МЧС, соответствует четвертому слою, а рецепторы цвета, температуры и т.д. - пятому, то для помещения, которое образует целостную (подчеркнем это) систему с оператором, совокупный вклад рецепторов в создание ощущения комфорта оценивается как 0.618 от вклада геометрических факторов. Для отдельных рецепторов он еще меньше: например, для органа слуха -  $0.618 * 0.1 / 15 = 0.041$ . Отсюда следует *невозможность полной компенсации плохих геометрических решений за счет экстероцептивных раздражителей без учета резонансных явлений*. Использование традиционных символов в целях компенсации [232] будет рассмотрено после построения модели субъективного пространства в главе 8.

**Задача 6.3.** Сравнение влияния различных форм на состояние оператора.

*Постановка.* Учет вначале только топологические различия и, только для четвертого слоя, влияние симметрии. По результатам сравнений определим, как могут использоваться показанные на рис. 6. ба-д помещения.

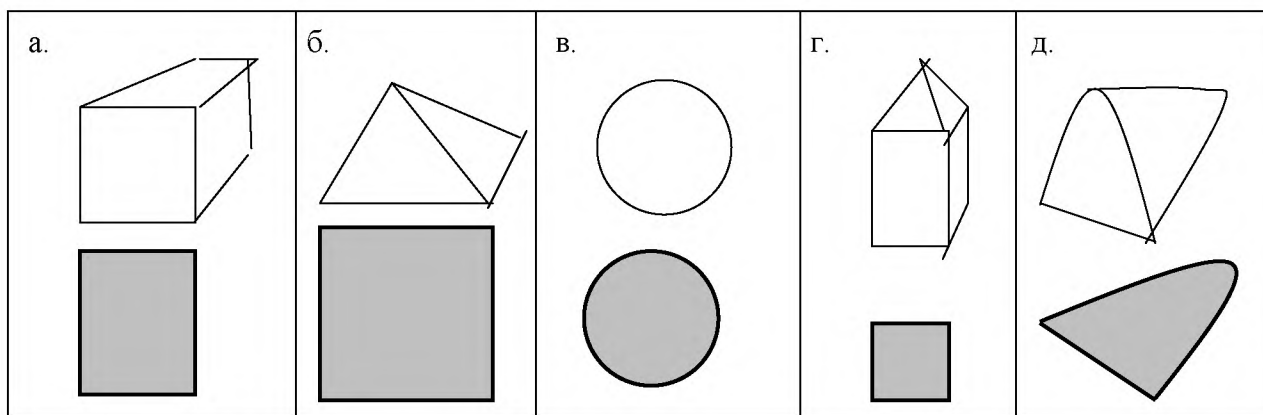


Рис. 6.6. Помещение некоторых типичных форм.

*Решение.*

1. Учет симметрии. Человек имеет на 4-м уровне организации только одну плоскость симметрии. Помещение на рис.6.6а - 3 плоскости, 6.6б - 4, 6.6в. -  $\infty$ ; комбинированные формы 6.6г - 4 и 6.6д - 1. Следовательно, в случаях а.-г. будут наблюдаться обмены из-за отсутствия сохранения в направлениях, где плоскости симметрии человека и помещения не совпадают. В случае д. такого обмена не будет. По аналогии можно определять влияния и для иных групп симметрии.

2. Построение С- графов. Дадим такую интерпретацию уровням организации помещений: 2-му соответствует помещение в целом (Сп А); 3-му - «верх» и «низ»; 4-му - потолок, стены, пол; 5-му - поверхности; 6-му - линии; 7-му - вершины. Эта интерпретация соответствует тенденции к уменьшению  $r_{\Pi}$  при расслоении. Тогда С- графы форм приобретут вид, показанный на рис. 6. 7а-д. Элементы 6-го уровня образованы в результате сечения 2, а 7-го - 3 или 4 элементов предыдущих уровней.

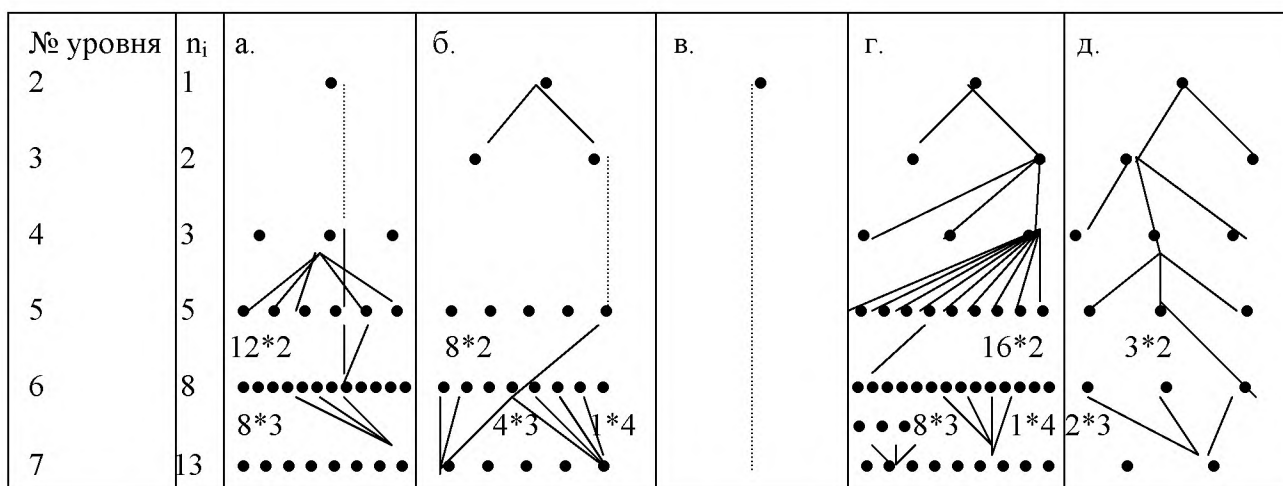


Рис. 6.7. С- графы организации помещений

3. Количественные оценки влияния форм. Принимая  $k_2=1$ , потенциал 1-го слоя 162 единицы и подставляя в (6.7) данные из рис.6.7, имеем для:

$$а. P=100*|1-1|+61*|0-2|+37*|3-3|+23*|6-5|+14*|12-8|+8*|8-13|=249;$$

$$\begin{aligned} \text{б. } P &= 100*|1-1|+61*|2-2|+37*|0-3|+23*|5-5|+14*|8-8|+8*|5-13|=175; \\ \text{в. } P &= 100*|1-1|+61*|2-2|+37*|3-3|+23*|9-5|+14*|16-8|+8*|9-13|=574; \\ \text{г. } P &= 100*|1-1|+61*|0-2|+37*|3-3|+23*|5-6|+14*|12-8|+8*|8-13|=236; \\ \text{д. } P &= 100*|1-1|+61*|0-2|+37*|3-3|+23*|3-5|+14*|3-8|+8*|2-13|=326. \end{aligned}$$

*Комментарий.* Меньше всего различий с МВ, т.е. минимальные обмены, имеет пирамидальная форма, которая как бы «консервирует» существующий порядок (это соответствует некоторым экспериментам и гипотезам о назначении пирамид [144]). Больше всего различий имеет сфера; ее влияние инициирует свертку, что соответствует не просто отдыху, а очистке системы восприятия, и этот эффект также коррелирует с результатами ряда психологических исследований. Влияние комбинированной формы «призма-пирамида», не равное сумме влияний исходных форм, характеризуется как ограниченная консервация (инвариант 3), и это соответствует культовому назначению подобных сооружений [54]; две последние формы, как такие, что поддерживают обмен на всех уровнях, можно охарактеризовать как «рабочие»; влияние помещения стандартной планировки явным образом лучше влияния «кабиноподобной» формы.

Учет потенциала согласно (6.6) несколько корректирует эту картину. Образование элементов 6-го и 7-го уровней в результате сечения следует рассматривать как реализацию Д или К, в результате чего их потенциал нелинейно увеличится, в сравнении с исходными элементами. Следовательно, расслоение проходит по сценарию (6.3) с избыточной компенсацией, а сила влияния на этих уровнях увеличивается. Оценка этой поправки требует проведение экспериментальных исследований, в результате которых предстоит установленная зависимость между плоскостями, длинами и углами элементов, которые пересекаются, и результирующим потенциалом.

#### **Задача 6.4.** Оценка влияния размеров помещения.

*Постановка.* Ограничимся случаем на рис. 6.6а.

*Решение.* Оценка определяется из (6.6) в такой интерпретации - оператор будет чувствовать себя комфортно, если потенциал его формы и формы помещения будут относиться как Ф. Данные Н.И. Яковлева [299] относительно восприятия геометрических фигур позволяют предположить, что потенциал оператора будет примерно определяться объемом эллипсоида, немного выступающего за контуры тела - который, возможно, соответствует форме биополя. Упрощенно можно считать, что высота помещения должна быть пропорциональна росту ( $175*1.618=2.83\text{м}$ ), ширина - размаху рук ( $170*1.618=2.75\text{ м}$ ; высота и ширина образуют «живой квадрат»), а длина - высоте ( $283*1.618=4.57\text{ м}$ ). Отклонение фактических размеров от приведенных и определяют меру их влияния.

*Комментарий.* Таким образом, получена система пропорций относительно размеров человеческого тела, одна из многих, известных в архитектуре [47,164]. Некоторые другие аспекты использования человека как, по Протагору, «меры всех вещей», рассматриваются в главе 8; см. также [144].

**Рекомендации** по улучшению эргономичности помещения:

**6.18.** Объемно-планировочное членение помещения должно максимально соответствовать естественной последовательности восприятия (организа-

ции внешней среды, инвариантам космологического мифа), поддерживая, вместе с тем, нужную функциональную активность определенных уровней восприятия.

**6.19.** Размеры должны подбираться на основе пропорций человеческого тела, исходя из того, что человек и помещение соответствуют смежным слоям целостной системы, и с учетом расположения оборудования, мебели и т.п.

### **6.3. Последовательность и координация распознавания и принятия решений**

**Постановка задачи.** Существующие исследования деятельности оператора, как лица, принимающего решение (ЛПР) [4,56,76,151,154,155,166,197,210,233], тяготеют к концепциям, условно названным «математической» и «психологической». В первом случае [56] реальная картина упрощается соответственно аксиоматическим ограничениям аппарата. Во втором [84] теория более реалистична, но и менее формализована. В последние десятилетия понимание интеллектуальной деятельности развивалось в направлении непринятия упрощенных представлений [40], т.е. в духе системного подхода. Поскольку несоординированность подачи информации и различных фаз распознавания и принятия решения приводит к грубым ошибкам ЛПР, первоочередным представляется моделирование соотношения и координации составных частей этих процессов и обоснования по его результатам эргономических рекомендаций.

Для **верификации** выясним, является ли пригодной модель распознавания и принятия решения (МРР) для объяснения

- дискретности восприятия и непрерывности образа (класса)
- качественного изменения образа при постепенном изменении признаков (проблема «преобразования головастика в лягушку»);
- последовательности распознавания и решения в связи с сознанием, памятью, способностью к предсказанию, эмоциональным тонусом, рефлексам.

**Построение модели распознавания и принятия решения.** Определим основные механизмы обработки информации оператором (рис. 6.8, [283]).

1. **Интуитивно обусловленная реакция** (рис. 6.9а) объединяет такие признаки: адекватность действий в экстремальной ситуации с целью недопущения ее развития в направлении, угрожающем жизни оператора, наличие предсказания, прогноза; «реальность времени», соответствие динамике событий, неосознанность действий, невозможность объяснить причины предыдущим опытом, тренингом, инструкциями; согласованность разнородных реакций на эмоциональном и иных уровнях. Например, возможны как мгновенное инстинктивное движение, так и продолжительная целенаправленная последовательность действий.

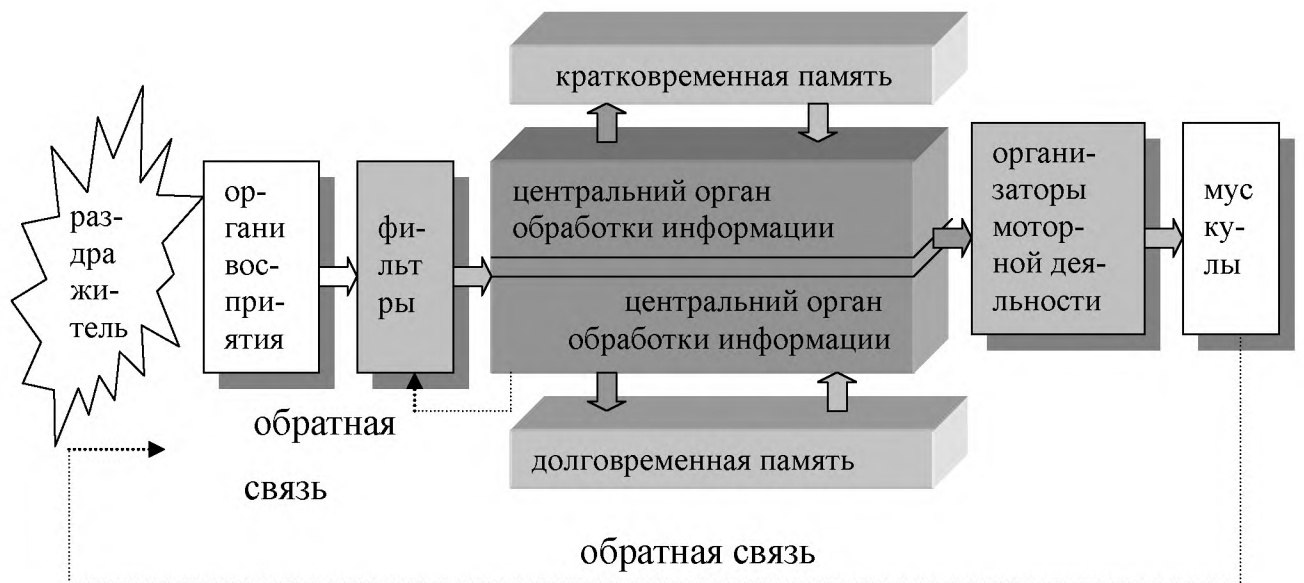


Рис. 6.8. Модель обработки информации оператором ЭС

Отсюда следует тесная связь реакции с интуитивным восприятием и отсутствие связи с аналитической деятельностью, памятью и сознанием.

2. *Рефлекс (рис. 6.9б)* характеризуется: типичными реакциями на типичные ситуации, согласно опыта оператора (условные рефлексы) или особенностей видового поведения человека (безусловные рефлексы, инстинкты); запаздыванием относительно динамики событий, отсутствием предсказания при ее нестандартном развитии; многообразием типов и продолжительности реакций, при их общей шаблонности.

Эти особенности указывают на ключевую роль памяти в распознавании и принятии решения, а также на связь с результатами сенсорного восприятия.

3. *Обдуманное решение (рис. 6.9в)* определяют: формирование на основе сенсорных ощущений образной, символической или формальной модели ситуации, с привлечением языкового кода; рациональный анализ ситуации и выработка прогноза развития и последствий на основании опыта и нормативных документов; наличие предельной «пропускной состоятельности», после чего обдумывание не успевает за динамикой событий; осознание анализа, подавление ощущений и рефлексов.

Таким образом, ведущие роли играют ум, память и сознание.

Итак, для воспроизведения этих механизмов необходимые три МРР.

**Модель интуитивно обусловленной реакции** строится в такой последовательности.

1). Поскольку эта реакция является продолжением интуитивного восприятия, необходимо рассмотреть формирование *интуитивного образа*; относительно схемы и результата принимается интерпретация, проведенная в 2.4.

2). Формирование интуитивного образа (совокупности образов) моделируется как расслоение С- пространства, ОМ которого является РС- диаграмма, соответствующая к (6.2-6.4), включающая параллельные и перпендикулярные

C- множества и C- элементы (на рис. 6.10 показана диаграмма, соответствующая (6.2)).

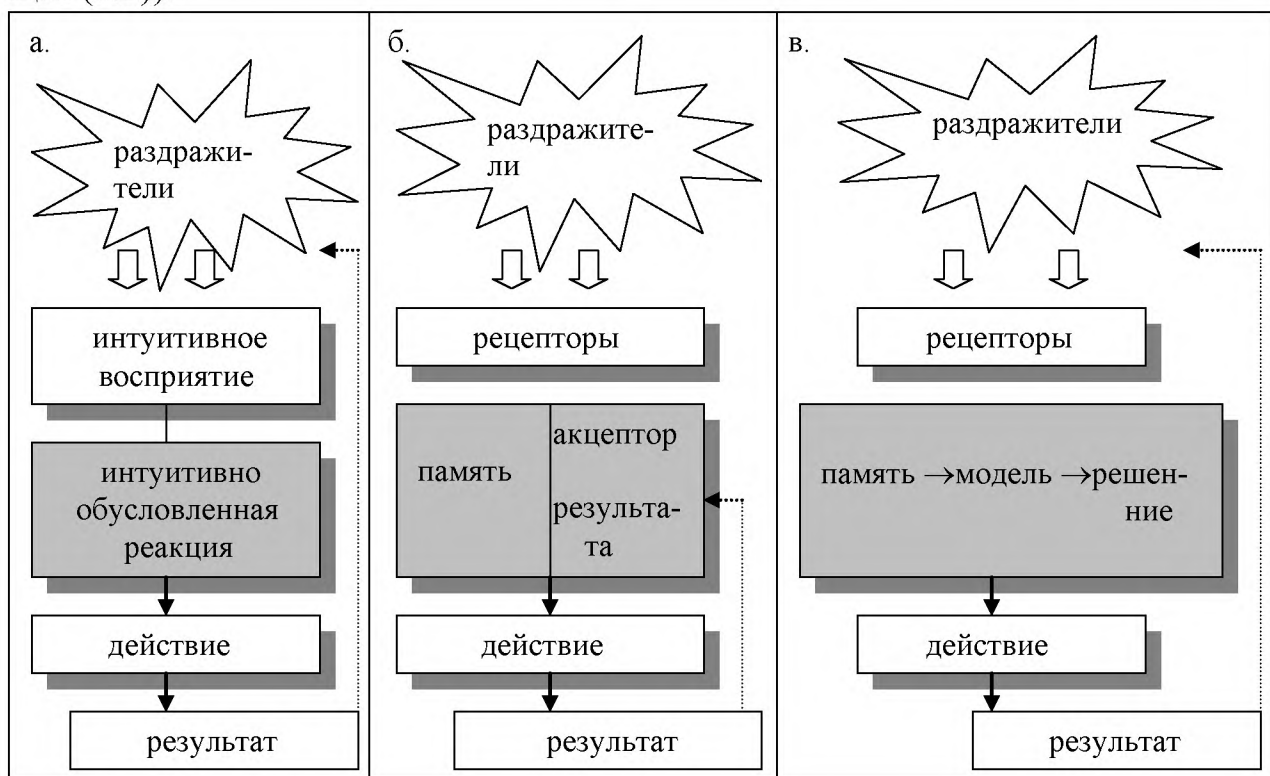


Рис. 6.9. Механизмы принятия решения

3). *Образом является совокупность всех  $\square, \cup, \bullet$  C- пространства, которые находятся в состоянии актуального существования и выражают совокупность признаков образа. Признаки различного качества соответствуют элементам различных слоев, или перпендикулярным элементам одного слоя; однородные признаки - параллельным элементам [127, с.72,78-81].*

4). Модальности  $(, \downarrow, \cup$ , а также переходы  $\bullet \rightarrow \cup$  отражают динамику изменений признака, их постоянство или непостоянство и т.д.

Тогда:

а) *целостность образа, который описывается разнородными признаками, обусловлена целостностью Sp; б) непрерывность образа при дискретном восприятии (пауза между восприятиями интерпретируется как частичная свертка) объясняется как сохранение той части Sp, которая не была свернута;*

в) *качественное изменение образа при постепенном изменении признаков объясняется разнокачественностью слоев (утверждение 3.5., следствие 1). Например, совокупность элементов одного слоя интерпретируется как множество признаков головастика, другого слоя - как признаки лягушки; изменение качества «головастика» в качество «лягушки» соответствует переходу от первого ко второму в ходе непрерывной самоорганизации<sup>3</sup>;*

г) *различная ценность признаков определяется неравенством потенциалов. Признака элементов слоев с большими номерами и небольшими потенциа-*

<sup>3</sup> Отметим, что проблема изменения качества вследствие накопления количественных изменений, была поставлена еще в глубокой древности (апории элейской школы, и т.п.).

лами могут не учитываться. Поэтому имеются аналогии с построением фрактального объекта, отбрасыванием членов ряда при суммировании и т.п.;

д) *динамика распознавания* определяется последовательностью и продолжительностью интервалов формирования образа;

е) *калибровочными инвариантами* является РС- диаграмма и распределения потенциалов.

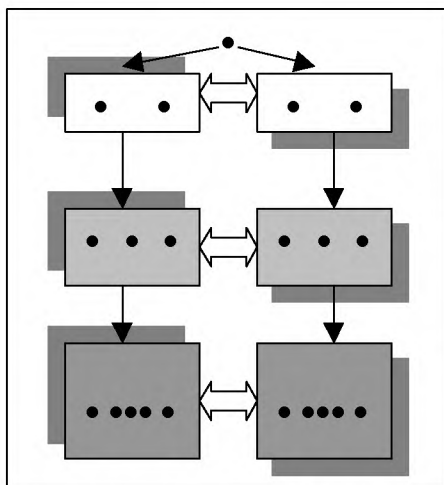


Рис. 6.10. Модель интуитивно обусловленной реакции

Теперь рассмотрим, как воспроизводятся особенности реакции. Если Сп является аппаратом ТС, то интуитивно обусловленная реакция выражается в согласованных с влияниями С и О изменениях, направленных на сохранение связки, а именно, согласованности формирования образа с уровнями системы восприятия (рис. 6.5) и текущему, по принципу «здесь и сейчас», изменению гомеостаза соответственно влияниям среды. Таким образом, интуитивно обусловленная реакция понимается как *совокупность процессов обмена со средой, направленных на сохранение целостности системы «человек - среда»*. Для ЛПР это выражается как комплекс адаптивных процессов на психическом и физиологическом уровнях, а для среды - как направленные на ее преобразование действия. Отсюда следует, что действия происходят автоматически, бессознательно, без обращения к памяти, т.е. «мгновенно», охватывая все уровни взаимодействия. Фактически, здесь даже не решается задача распознавания в ее обычном понимании. Поскольку интуитивное восприятие начинается с 1-го уровня, которому не присуще тернарное деление, в частности, членение времени, то интуитивно обусловленная реакция имеет свойство «предсказания». Следовательно, *модель является реалистичной*.

Практические следствия проведенного анализа состоят в том, что для использования преимуществ интуитивно обусловленных реакций необходимо, чтобы СУ, во-первых, *обеспечивала предварительную настройку системы восприятия на всех уровнях* (черные стрелки на рис. 6.10) и, во-вторых, *содержала органы управления, которые были бы способны воспринимать многоуровневые действия управления* (контурные стрелки на рис.6.10). Эти положения и служит основой эргономических рекомендаций.

Покажем связь интуитивно обусловленных реакций с рефлексом и обдуманно решенными. Интуитивный образ может рассматриваться как модель О или относительно другого образа. Тогда ТС разрывается, и отношение Sp и O описываются как РС, а отношение к другим образам - как Г- операторы (раздел 4). В последнем случае ОМ, в зависимости от инвариантов и калибровок, будет представлять собой НГМ или ДГМ, а Г- операторы - выражать отношения (2.2-2.5). Такая интерпретация отражает процессы запоминания интуитивного образа (возможно, связанного с выделением нейронных сетей, как выражением диаграмм, и согласованием проводимости их звеньев, как выражением калибровок), его преобразование и переводение в долговременную память, где он становится элементом рефлекторных или обдуманных действий.

**Модель рефлекса** (рис. 6.9б) поясняется следующим образом [265,316].

Под влиянием раздражителя, воспринятого рецепторами, в коре головного мозга возникают два очага возбуждения - в мозговом отделе анализатора и в пробковом представительстве рефлекса. Между ними образуется временная связь по принципу доминанты - замыкание. Доминантный очаг характеризуется повышенной возбудимостью, устойчивостью возбуждения, способностью к его суммированию, инерцией; может существовать только один доминантный очаг, который выжил при конкуренции. Принято различать первую сигнальную систему, проявляющуюся в рефлексивных на любые раздражители, кроме слов, и вторую сигнальную систему, специфическую для человека, которая проявляется в реакциях на слово.

Следовательно, обмены происходят между 4-м (память, время, пространство) и 5-м (рецепторные раздражители и восприятия) уровнями и не охватывают 1-3 уровней, т.е. из-за *отсутствия целостности образа, сформированного на основе сенсорных ощущений, для принятия верных решений необходимым является интуитивный образ, который наделен этим качеством.* Это положение объясняет несводимость целостного образа полета к отдельным показателям приборов, который отмечается в источниках [21,76,84].

Учитывать приведенные особенности будет схема (6.10) и ОМ рефлекса в виде РС- диаграммы на рис. 6.11.

$$\begin{array}{ccc}
 НГМВ_{so} \rightarrow (НГМ_{io} - НГМ_{od}) \rightarrow НГМ_{rd} & & \\
 \uparrow & & \downarrow \\
 \{ДГМВ_{of}\} \longleftarrow & \longleftarrow & \{ДГМ_{rd}\},
 \end{array} \tag{6.10}$$

где индексы *so*, *io*, *od*, *rd* означают соответственно сенсорный и интуитивный образы предмета, образ действия, рефлекс;  
 стрелки - различные Г- операторы

Тогда последовательность распознавания такая:

1. Фиксация на сенсорных ощущениях изменяет модальности состояния, переводя волны в солитоны. Совокупность солитонов 5-го слоя образует {ДГМ} ощущений;



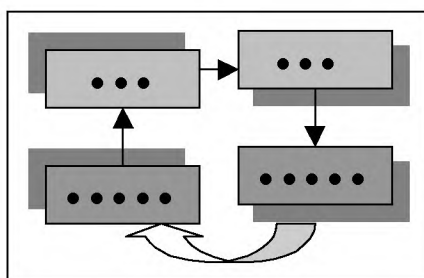


Рис. 6.11. ОМ рефлекса

2. Синтез (2.2) {ДГМ} приводит к образованию НГМ в 4-м слое Сп, т.е. его свертки согласно утверждению 4.12;
3. Генерация целостной модели осуществляется путем проецирования (2.4) интуитивного образа в НГМ;
4. Симметрия интуитивных моделей  $НГМ_{инт}$  -  $НГМ_{од}$ , т.е. образов предметов и действий, позволяет перейти к НГМ рефлекса. Это соответствует установлению замыкания между очагами возбуждения;
5. Проецирование (2.4)  $НГМ_{од}$  в  $НГМ_{рд}$  интерпретируется как отыскание в памяти типичной реакции на раздражитель, выраженный как  $НГМВ_о$ ; событиям 3.-5. соответствует стрелка  $\rightarrow$  на рис. 6.11.
6. Анализ (6.3)  $НГМ_{рд}$  приводит к реакциям {ДГМ<sub>рд</sub>} ( $\downarrow$  на рис. 6.11);
7. Наконец, проецирование (2.4) {ДГМ<sub>рд</sub>} в {ДГМВ<sub>о</sub>} соответствует восприятию изменений после реакции и замыкает обратную связь в рефлекторной дуге (контурная стрелка на рис. 6.11).

Отметим практически значимые обстоятельства:

- *относительно меньшее быстроедействие рефлексов в сравнении с интуитивно обусловленными реакциями* объясняется появлением дополнительных операций;
- *неуниверсальность рефлексов* - ограниченностью количества типичных реакций в памяти, что объясняется неполнотой опыта оператора;
- *неадекватность действий ЛПР* - неверным распознаванием и отсутствием механизма предсказания.

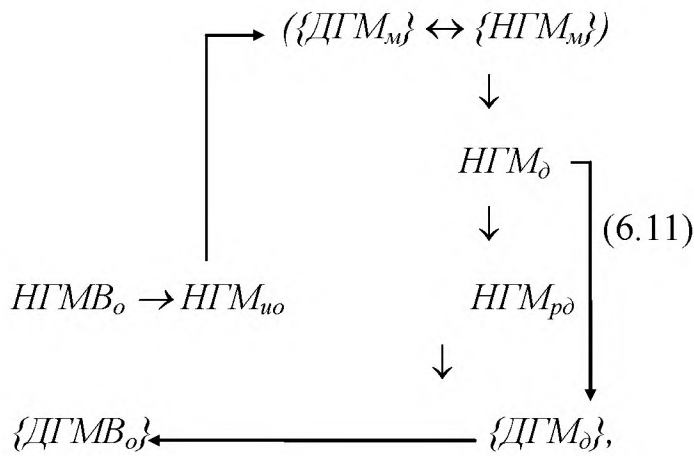
**Модель принятия обдуманного решения** (рис.6.12). Существует несколько противоречивых теорий высшей нервной деятельности, которые лежат в основе принятия решений [1,13,236,316]. Тем не менее, во всех подчеркивается роль языка и словесного кода как самой важной отличительной черты. Это положения разделяется автором. Соотношение естественного и формального языков, их интерпретация как НГМ и ДГМ, определенная в 2.2. и [127,с.20-23]. Затем, схема, которая отражает процесс принятия решения, имеет вид:

Прокомментируем ее.

1. В сравнении с (6.10), добавляются:

- языковые модели, связанные Г- операторами с интуитивными моделями;
- модели действий, связанные посредством (2.3-2. 4) с языковыми моделями;

- операции (2.2-2.5) с различными языковыми моделями, которые, однако, лишены целостности, а имя объекту связано с признаками конвенционально.



где ДГМ<sub>М</sub> и НГМ<sub>М</sub> - выраженные словесными кодами языковые модели;  
 НГМ<sub>д</sub> и ДГМ<sub>д</sub> - модели действий.

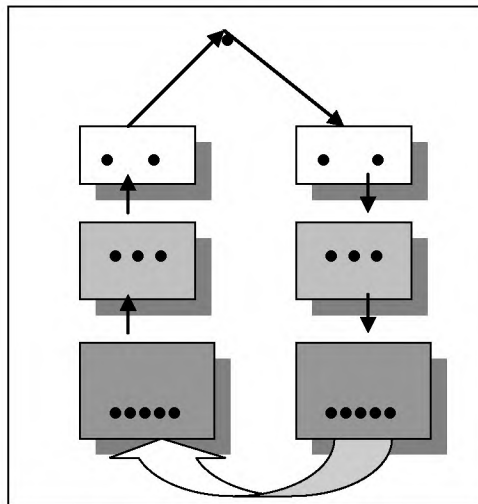


Рис. 6.12. Модель принятия обдуманного решения

2. В сравнении с (6.10), ликвидируется непосредственная связь интуитивного образа с выполняемыми действиями.

3. Принятие решения основывается на операциях с языковыми моделями и приводит к действиям, которые могут базироваться на рефлекторных реакциях.

4. Сознание интерпретируется как объединение ума, свободы, эго и их телесных соответствий в противопоставлении к среде, т.е. начиная с 3-го уровня; таким образом, становятся возможными прогнозирование и бинарные оценки типа «хорошо», «плохо», и тому подобное. Роль сознания при принятии решения состоит в выборе «красивых» моделей и целесообразных действий. Возможность сравнения моделей, которые соответствуют различным слоям обес-

печивается однородностью словесных кодов, но это же может стать источником ошибок.

4. Снижение быстродействия процесса обусловлено операциями словесного кодирования и преобразования языковых моделей. Время задержки оценивается согласно [3,289].

Контроль правильности решения осуществляется согласно (6.10).

**Прикладное использование модели распознавания и принятия решения.** В [127] проводилось сравнение концепции и аппарата МРР с перцептронами [230], структурными методами распознавания образов [272], моделью принятия решения на основе аппарата растущих пирамидальных сетей [56]. В результате было отмечено, который МРР является более универсальной и реалистичной, а также более тесно связанной с моделями других действий оператора. Поэтому эргономические рекомендации следует определять как раз на ее основе.

**Характеристики образа.** *Компактность образа* понимается как обеспечение его целостности: если формирование образа происходит по сценариям (6.2-6. 4), а для отдельных изображений, интерпретированных как С- множества и С- элементы разнообразных слоев, распределение потенциалов и других независимых характеристик соответствует расчетным, то они соответствуют целостному образу.

*Мера сходства изображений* определяется разностью между фактическими и расчетными значениями независимых параметров для каждого из изображений с учетом *полезности признаков* (т.е. фактически отражает степень несхожести, аналогично тому, как это делалось выше). Она выражается в относительных, или, после калибровок, в абсолютных единицах. Для каждой из независимых характеристик может быть подсчитана своя мера сходства.

Пусть, например, два изображения соответствуют к пятому слою, и одно из них характеризуется 4 признаками с потенциалами, равным 8 условным единицам, а другое - 5 признаками, потенциалы 3-х из которых равны 8, а других - 5 единицам. Тогда отклонение от расчетных значений составит: для первого изображения:  $23*(4*8-23)=207$ ; для второго изображения:  $23*(3*8+2*5-23)=253$ ; коэффициент 23 отражает относительную ценность признаков 5-го слоя. Мера сходства  $|253-207|=46$ .

*Информативность изображений* определяется для каждого слоя в отдельности; шенноновская оценка информативности не должна распространяться за пределы одного слоя (следствие 1 утверждение 3.5.).

*Надежность и качество распознавания и адекватность решения* оцениваются статистически, по отношению числа правильных распознаваний и решений к общему их количеству.

*Корректность кодирования* оценивается по способности сохранять калибровочные инварианты и калибровку. Например, если рассматривать построение ОМ как процесс кодирования, определенные в главе 4 возможности сохранения инвариантов и калибровок различными преобразованиями позволяют оценить ее корректность.

**Рекомендации.** Сначала - общее положение:

**6.20.** Информационная и управляющая подсистемы должны обеспечивать восприятие информации и действий управления в формах и последовательности, специфических для интуитивно обусловленных реакций, рефлексов и обдуманых решений.

Рассмотрим временные интервалы, характерные для каждого из этапов<sup>4</sup>.

1. Для интуитивного восприятия и интуитивно обусловленной реакции верхней границей продолжительности является период между появлением и сенсорным восприятием сигнала.

За это время не успевают «включиться» рефлексы и механизмы обдумывания. Согласно [290], сюда входит скачок зрачка - 0.025 с. и время фиксации - 0.25-0.65 с. для различных форм визуального представления данных. Время скачка позволяет оценить продолжительность интуитивно обусловленной реакции в 5-10% от времени фиксации. Для слуха картина аналогична.

2. Очередь рефлекса наступает после восприятия, т.е. через 0.25-0.65 с. и перед началом обдумывания. Например, после появления на табло надписи «Опасность», не ранее, чем через 0.28 с. (время фиксации загорания индикатора [290]), начнется первое из отработанных на тренировке действий.

3. Время обдумывания решения определяется скоростью приема и переработки информации (для различных рецепторов - 0.1-5.5 бит/с.) и продолжительностью фиксации. В приведенном выше примере оно равно 0.025+0.28+0.31 с. (продолжительность фиксации для алфавитно-цифровой формы подачи информации), плюс время чтения и осмысления текста, плюс время вспоминания инструкции типа «переложить рычаг № 8 у положение 1».

Отсюда следует такое уточнение 6.20:

**6.21.** Информационная и управляющая подсистемы должны обеспечивать подачу данных и проведение действий управления в темпе, который соответствует каждому из этапов распознавания и принятия решения.

Необходимые поправки на «заторможенность» оператора, учитывающие концентрацию его внимания, степень «втягивания», усталость, а также скорость и скоординированность реакции. Кроме того, необходимо учитывать прирожденные преимущества в распознавании тех или иных образов (гештальты).

**Задача 6.5.** Пояснение существования гештальтов и их использование в ИСОИ.

**Постановка.** Экспериментально подтверждается существование прирожденных преимуществ в распознавании образов. Например, фигура на рис. 6.13а воспринимается и распознается как два отрезка (рис. 6.13б), а не две ломаные (рис. 6.13в), хотя возможные оба варианта. Понимание гештальтов как следствия «влияния долгосрочных стереотипов ожиданий и установок на кратковременные ожидания и установки внимания» [286, т.1, с.189] не позволяет теоретически прогнозировать оптимальные схемы компоновки, заставляя исполь-

---

<sup>4</sup> Продолжительность интервалов зависит, среди прочего, от способа представления данных (алфавитно-цифровая, условные знаки, кодирование цветом, и т.д.).

зовать лишь эмпирично найденные варианты [286, т.1,с.192,54,64,65]. Следовательно, необходимо практически значимое толкование этого явления.

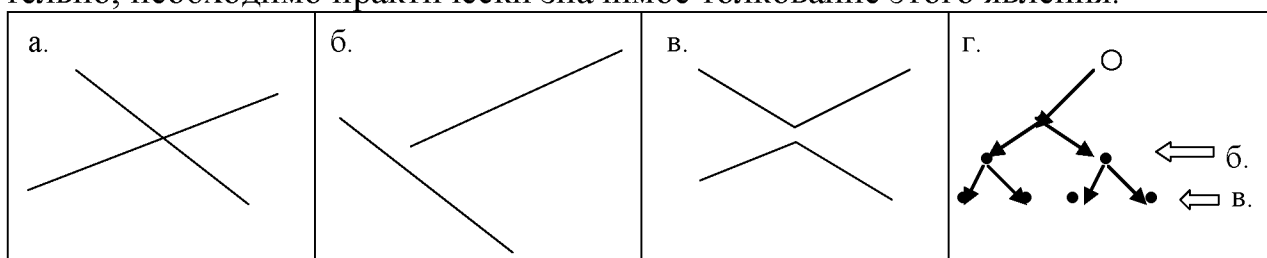


Рис. 6.13. Пример и пояснения гештальта

*Решение.*

1. Истолкование случая на рис. 6.13. Последовательность распознавания определяется РС- диаграммой на рис. 6.13г., где структуре б. соответствует 3-й слой, а структуре в. - 4-й; поскольку третий слой образуется ранее и имеет больший потенциал, то как раз он и определяет преимущество в распознавании этого варианта.

2. Обобщение. Обработка подобных случаев приводит к выводу, что *по крайней мере некоторые преимущества объясняются, исходя из неравенства калибровочных инвариантов исходных образов, а также последовательности расслоения  $S_n$ .* Этот предварительный вывод должен пройти экспериментальную проверку.

3. Рекомендация относительно компоновки ИСОИ. Поскольку расположение, пропорции и размеры зон размещения и приборов, согласно рекомендаций 5.5-5.9, соответствуют последовательности самоорганизации, *их соблюдение при выборе схемы компоновки обеспечит преимущества распознавания сравнительно с другими вариантами.*

*Комментарий.* Некоторые иные гештальты объясняются на основе модели субъективного (сенсорного) пространства человека, что будет рассмотрено в 8 главе

Анализ причин ошибок ЛПР в экстремальных ситуациях, в частности в авиации [84,154,155,282], показывает важную - если не главную роль - несогласования и неправильного выбора основного механизма принятия решения.

Например, катастрофа ТУ в Омске при заходе на посадку в сложных метеоусловиях состоялась вследствие столкновения со снегоочистительными машинами. При этом командир различал нечеткие контуры на посадочной полосе, интуитивно воспринимаемые как опасные. Правильной реакцией (интуитивно обусловленной) был бы заход на второй круг с последующим выяснением обстоятельств. Однако последовал доклад диспетчеру (обдумывание, игнорирование интуитивно обусловленной реакции), ошибочное разрешение на посадку, и уже не осталось времени, чтобы предотвратить столкновение. Отметим, что Руководство по летной эксплуатации не запрещало захода на второй круг.

Поэтому необходимы дальнейшие уточнения:

**6.22.** Информационная подсистема должна обеспечивать свободное переключение между всеми процессами распознавания и принятия решения, в зависимости от обстоятельств, и иметь качества прогностической системы.

**6.23.** *Необходима проработка способности незаторможенного перехода к интуитивно обусловленным действиям в ходе тренировок оператора.*

**Задача 6.6.** *Эскиз прогностической человеко-машинной системы.*

*Постановка.* Возможность прогноза основывается на знании законов, циклов развития и спада, а также внешних влияний. В этом смысле, волновая модель является прогностической системой, поскольку позволяет делать расчет периодов и времени существования волн различных слоев и определять их взаимную согласованность. Изменение модальностей состояния позволяет моделировать тенденции развития внутри цикла, а расслоение или свертка - направленность развития исследуемой системы в целом. Поэтому конструирование прогностической системы сводится к определению адекватней технической реализации.

*Решение.*

1. Структура системы принимается в виде сети, согласно одного из сценариев (6.2-6.4). Сеть развивается так, чтобы количество вершин соответствовало числу элементов первых слоев  $S_n$ . Чрезмерное увеличение количества элементов не приводит к увеличению точности прогноза, поскольку становится труднее различать сигналы в вершинах.

2. Вершины соединяются проводами, проводимость которых подбирается так, чтобы имитировать передачу в вершины потенциалов, которые соответствуют расчетным значениям. Потенциалы могут имитироваться размерами напряжения, заряда и т.п.

3. Эти размеры преобразуются в графические символы, форма, цвет и динамика которых должны отражать тип элементов ( $\cup$  или  $\bullet$ ), их отношение ( $\parallel$  или  $\perp$ ), фазу, а также модальность состояния ( $(, \downarrow)$ ) так, чтобы последовательность их появления образовывала композицию, которая соответствует структуре и эволюции прогностической системы, т.е. строится аналоговая  $OM_2$ . Возможный вид символов иллюстрирует рис. 6.14 с [306]. Как видим, возможные достаточно абстрактные личные ассоциации.

Рис. 6.14. Примеры индивидуальных ассоциаций волновых композиций

4. Роль человека сводится к двум функциям: 1) настройка системы - интуитивный или за имеющимися данными выбор сценария, цветовой палитры, начальной потенциала и периода. Это обеспечит целостность системы на входе и ее масштабирование; 2) интуитивная интерпретация изображений, т.е. привязка к конкретным событиям, наборам их характеристик, тенденций и продолжительности развития, согласованности циклов. Это обеспечивает целостность и калибровки системы.

*Комментарий.* Таким образом, прогностическая система поможет визуализировать, ускорить и расшифровать интуитивные восприятия событий, которые могут состояться.

#### **6.4. Графическое представление и оптимизация действий управления**

**Постановка задачи.** Биомеханика движений, которые лежат в основе действий, хорошо изучена [284,286,т.5,гл.1-3,303,307]. Известные антропометрические характеристики (с дифференциацией по расе, возрасту, полу), пространственно-временные и силовые характеристики простых и сложных движений, включая построение зависимостей от степени утомления. Геометрические модели применяются для представления статистических данных [102], отображения движений [253], оценки эффективности и надежности [64]. Их применение оказывает содействие поиску решений, которые позволяют снизить возможность ошибочных действий и одновременно повысить безопасность управления.

Тем не менее, не все резервы исчерпаны. Дополнительный эффект может быть получен за счет улучшения совместимости, в частности:

- усиление зависимости действий управления от последовательности, формы и скорости подачи информационных сообщений;
- согласование действий, являющихся результатом обдуманых решений, с условными и безусловными рефлексам и интуитивно обусловленными реакциями;
- согласование действий с психоэмоциональным состоянием оператора.

**Связь управления с восприятием, распознаванием и принятием решения.** При взаимодействии одного оператора с одной информационной подсистемой соотношение управления с другими компонентами должно вытекать из (5.4). В других случаях целесообразно сведение к последовательности (5.4), с учетом «пропускной состоятельности» оператора. Исходя из этого положения, процесс управления будет выражаться схемой, показанной на рис. 6.15. (ОУ обозначает органы управления). Прокомментируем ее.

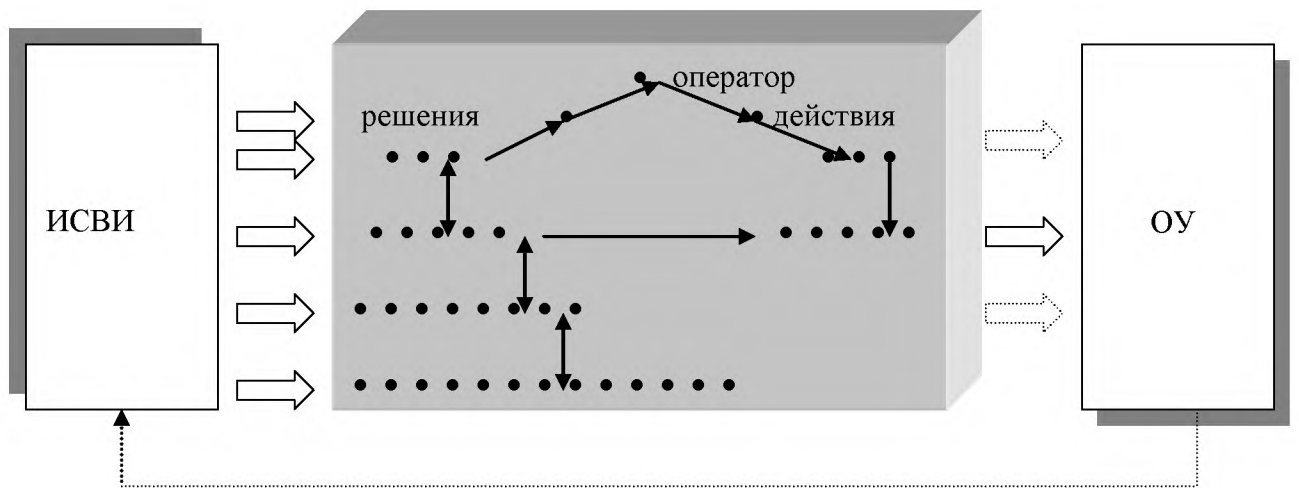


Рис. 6.15. Графическая схема управления

1. *Реализация связей, которые следуют из функциональной симметрии «оператор - органы управления».* Поскольку симметрия наблюдается на всех уровнях организации, то процессы, направленные на сохранение целостности системы, также должны иметь место на всех уровнях (стрелки в правой части схемы). Реально они реализованы с помощью серий движений конечностей и пальцев (контурные стрелки справа) и соответствующих органов управления. Их и будем считать *действиями управления*<sup>5</sup>.

2. *Реализация связей «психика - тело».* Эти связи (сплошные стрелки в середине схемы) обозначают переход от принятия решения к действиям управления. Их последовательность должна соответствовать последовательности решения, а отдельные серии движений должны быть одинаковыми, независимо от задействованной формы принятия решения.

Недопустимо, например, чтобы реакция на сигнал, который вырабатывается в ходе обучения (условный рефлекс), противоречила безусловному рефлексу или интуитивно обусловленной реакции - в этом случае в критических ситуациях неминуемые ошибочные действия.

Органы управления должны быть приспособленные к соответствующим движениям.

Диаграммы, подобные показанной на рис. 6.15. (для сценариев (6.3-6.4 они будут более сложными), - еще не модель действий управления (МУ). Для того, чтобы придать им необходимые свойства, следует предметно определить вершины как совокупности средств управления, необходимых для выполнения управляющих действий, а ребра представить как вероятностные и функциональные характеристики, которые отражают время совершения и безошибочность управляющих действий. Полученный предметно-функциональный сто-

<sup>5</sup> Другие подходы, например, попытки связать команды с уровнем психофизиологических показателей, пока что не вышли за стадию экспериментов. Что же касается голосовых команд, то соответствующие СУ, при должных условиях, являются перспективными.



хастический граф [274] является МУ и основой оценки эффективности труда [64,253].

3. *Реализация связей, следующих из симметрии информационной и управляющих подсистем* означает не только близость расположения органов управления к соответствующим информационным табло, но и согласованность формы подачи сообщения с последующими действиями управления.

Например, выход какого-либо параметра за допустимые границы показывается как сдвиг маркера, нарушающий уравновешенность композиции СОИ (рис. 6.16.). В этом случае направление движения управления должно соответствовать такому перемещению маркера, которое восстанавливает равновесие. Как раз такой будет здесь интуитивно обусловленная реакция [16], и таким же должен быть условный рефлекс. Движение же, например, в горизонтальном или круговом направлении, является неприемлемым, поскольку входит в противоречие с интуитивно обусловленной реакцией, и это будет приводить к погрешностям и задержкам.

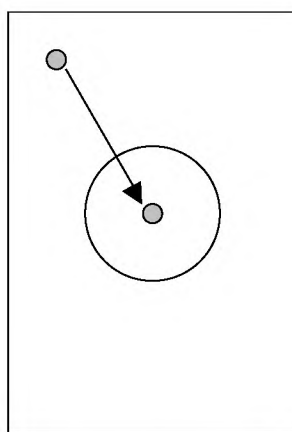


Рис. 6.16. Пример реакции на сдвиг маркера

Таким образом, информационная система должна подсказывать, исходя из визуального и эмоционального образа целостной системы, какие действия управления необходимы в конкретной ситуации. В первом случае это соответствует уравновешенности и гармоничности композиции, во втором - применению символов и цветовой гаммы, которые создают необходимый эмоциональный тонус. Подчеркнем, что форма символа действует на левое, а цвет - на правое полушарие мозга [16].

**6.24.** *Информационная и управляющая подсистемы должны быть согласованы между собою и организованные таким образом, чтобы:*

- *форма подачи сообщений создавала визуальный образ целостной системы с помощью уравновешенности композиции и отбора символов и цветов, которые позволяют поддерживать необходимый эмоциональный тонус оператора (покой, удовлетворенность);*
- *отклонение параметров от допустимых значений должно изображаться как нарушение уравновешенности и изменение цвета и символов (которые ассоциируются с беспокойством, тревогой);*

- действия управления должны быть направлены на восстановление уравновешенности композиции, начального вида символов и эмоционального тонуса;
- расположение и техническое решение органов управления должно быть связано с расположением информационных табло и формой подачи сообщений.

**Органы и движения управления.** Чаще всего применяются:

- штурвал;
- кривошипная ручка;
- поворотная ручка;
- поворотный селекторный переключатель;
- частично утопленная ручка;
- шар трассирования (трекбол);
- джойстик;
- рычаг;
- коленчатый переключатель;
- клавиша;
- диск;
- педаль;
- движок;
- кнопка;
- ползунок;
- сенсорная кнопка.

Приведем эргономические рекомендации относительно совместимости функций и движений управления (табл. 6.5) и безопасных расстояний между органами (табл. 6.6). По данным этих таблиц (см. также ГОСТы 22. 613-77 - 22. 615-77) подбираются органы, которые соответствуют рекомендации 6.24. Они же используются в ходе калибровки с целью определения абсолютных размеров зон их размещения этих органов (7.3.).

**Таблица 6.5.** *Рекомендованные движения управления [286, т.5, гл. 8].*

<b>Функции</b>	<b>Движение</b>
включение	вверх, вправо, вперед, нажатие
выключение	вниз, влево, обратно, оттеснение
вправо	вправо, за часовой стрелкой
влево	влево, против часовой стрелки
вверх	вверх, обратно
вниз	вниз, вперед
сокращение	обратно, нажатие, против часовой стрелки, вверх
расширение	вперед, оттеснение, за часовой стрелкой, вниз
увеличение	влево, вверх, вперед
уменьшение	вправо, вниз, обратно

**Таблица 6.6. Безопасные расстояния между ОУ [286, т.5, гл. 8].**

Орган управления	Конечность	Минимальное расстояние, мм	Максимальное расстояние, мм
нажимная кнопка	палец	20	50
коленчатый переключатель	палец	25	50
рычаг	рука, обе руки	50 (75)	100 (125)
штурвал	обе руки	75	125
ручка	рука	25	50
поворотный селекторный переключатель	рука	25	50
педаль	нога	50	100

**Практическое применение МУ. Оценка эффективности труда операторов.** Поскольку МУ предполагает использование существующих оценок, возможно воспользоваться мерой производительности труда  $\Pi$ , введенной в [253, с.5]:

$$\Pi = P_n / \left( \sum_{j=1}^{\alpha} t_{pj} + \sum_{j=1}^{\beta} t_{nj} \right), \quad (6.12)$$

где  $P_n$  - вероятность безошибочного выполнения всех действий;  
выражение в скобках - суммарные затраты времени, которое состоит из времени выполнения  $\alpha$  рабочих и  $\beta$  подсобных (движение руки, взгляда и т.п.) операций.

Анализ (6.12) показывает пути увеличения производительности посредством сокращения времени подсобных операций и уменьшения длин ребер графа, т.е. совершенствования компоновки. Для определения параметров необходимы натурные эксперименты. Но, при большом числе вариантов, проверены могут быть не все эксперименты, и нет гарантии, что отобранные решения будут самыми лучшими. Мера непосредственно не связана с другими формами деятельности, что не позволяет выделить в ходе проектирования варианты, которые соответствуют 6.24, в то же время же сократив число альтернатив. Поэтому, для обоснования проектных решений и сокращения количества экспериментов целесообразно ввести «относительные» оценки:

1. Мера отклонения  $M_o$  от диаграммы МУ отражает неоптимальность компоновки системы управления:

$$M_o = \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I (|n_{ij} - n_{\Phi ij}| k_i), \quad (6.13)$$

где  $L$  и  $M$  - количество СУ и операторов;  
 $I$  - число слоев Сп, который соответствует схеме компоновки;  
 $n$  и  $n_{\Phi}$  - расчетное и фактическое число элементов каждого из слоев;  
 $k_i$  - весовой коэффициент, пропорциональный потенциала элементов

данного слоя.

$M_0$  позволяет не рассматривать неэффективные варианты компоновки, не прибегая к натурным измерениям.

2. *Мера эффективности* действия  $M_e$ , отражающая степень влияния данного действия на предотвращение нежелательного развития ситуации:

$$M_e = |N - N_n|, \quad (6.14)$$

где  $N$  - количество сделанных для предотвращения аварии действий;

$N_n$  - количество действий, необходимых для предотвращения аварии на последующем этапе развития ситуации.

Например, для предотвращения выливания топлива при заправке бака необходимо вовремя перекрыть кран подачи топлива (1 действие); если этого не сделать, то срабатывает аварийная система слива, перекрывается кран подачи, перекрывается кран слива (3 действия);  $M_e=2$ .

$M_e$ , косвенно связанная с процессами восприятия, распознавания и принятия решения, позволяет предварительно оценить ЭС в целом.

3. *Мера согласованности*  $M_c$ . Предлагается оценивать согласованность всех действий коэффициентом 1, интуитивно обусловленной реакции и рефлекса - 0.9, рефлекса и обдуманного решения - 0.8, несогласование - 0.5.  $M_c$  позволяет предварительно оценить возможность ошибочных действий вследствие несогласования решений.

**Задача 6.6.** *Пример применения рекомендации 6.24.*

*Постановка.* Пусть необходимо контролировать соотношение и пределы изменения трех параметров. Необходимо предложить техническое решение, скомпоновать систему и предварительно оценить ее эффективность. Отметим, что при проектировании реальных СОИ следует руководствоваться ГОСТами 21.480-75, 21. 829-76, 29. 05001-82, ISO 11428:1996 для проведения калибровок.

*Решение.*

1. Выбор информационных кодов. Соотношение параметров предлагается показывать с помощью равностороннего треугольника; значение - в виде его вершин. Пределы соотношений - как два круга, между которыми располагаются вершины (рис. 6.17а). Пределы изменения абсолютных значений параметров - как границы поля, в пределах которого находятся треугольник и круги. При необходимости, левая, верхняя и правая стороны поля могут градуироваться в единицах измерения первый, второго и третьего параметров. Начало отсчета (нулевые отклонения) располагаются в середине сторон (рис. 6. 17б). Градуировка проводится таким образом, чтобы при нулевых отклонениях треугольник располагался в центре поля.

*Обоснование.* Продолжительность зрительной фиксации простых фигур является минимальной из всех форм представления информации [290]; поскольку для управления нет потребности в численных значениях, она и является оптимальной. Выбор символа и его расположение в центре композиции создает ощущение, которое можно определить как «гармония», «стабильность», «уравновешенность», и оно служит эмоциональным сигналом, который указывает на нормальную работу системы. Отметим возможность применения в тех же целях антропоморфных и зооморфных символов ( 8.1.).

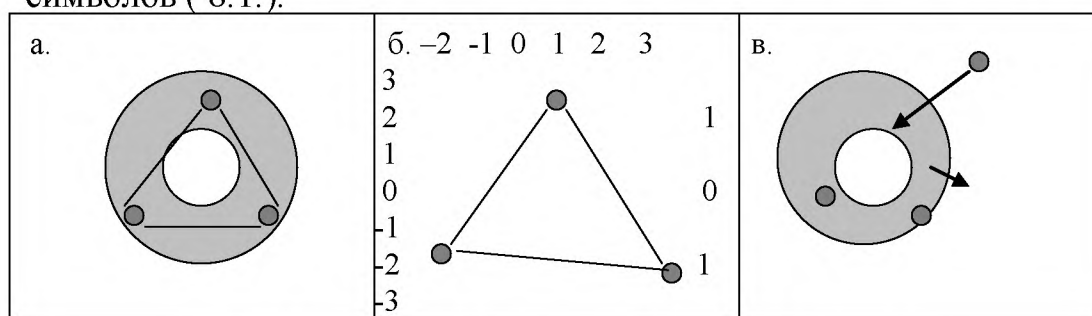


Рис. 6.17. Выбор формы представления данных

2. Выбор окраски символа и фона. Предлагается окрашивать стороны и вершины треугольника в чистый ярко-желтый цвет, круга - в красный, фон, при нормальной работе системы, - в сине-зеленый.

*Обоснование.* Цветовая палитра базируется на стойких ассоциациях, связанных с цветами: сине-зеленый фон успокаивает и указывает на нормальную работу; ярко-желтый привлекает внимание и не дает ей рассеяться, красный указывает на опасность и оказывает содействие мобилизации внимания [229, 280]. Возможно применение иных кодирований [218,286,290]. В реальном проектировании необходимо учитывать изменение восприятия цвета при освещенности различными источниками (табл.6.1, [280,табл.19]). Цветовое кодирование целесообразно также использовать с целью сокращения информационного обмена [27,130].

3. Представление динамики данных. Изменение значения того или иного параметра представляется как перемещение соответствующей вершины треугольника; изменение всех параметров - как перемещения его в целом; изменение соотношения параметров - как изменение формы треугольника. Выход за границы соотношения параметров показывается как выход вершин за внешний или внутренний круг; выход за границы допустимых абсолютных значений параметров - как выход за границы поля. Изменение значений параметров дублируется изменением фона - яркости (первый параметр), сдвигом в зеленую сторону (второй), сдвигом в синюю сторону (третий).

*Обоснование.* Изменение фона создает ощущение типа «что-то не хорошо», которое настраивает оператора на необходимость вмешательства. Характер действий подсказывается нарушением равновесия композиции вследствие

перемещения и изменения формы треугольника. Сила действия определяется негармоничностью композиции и контролируется кругами.

4. Действия управления. Необходимо переместить треугольника в центр поля, «исправить» его форму и поместить все вершины между окружностями (рис. 6.17в.).

*Обоснование.* Интуитивно обусловленная реакция на нарушение композиции [16] и обдуманное решение приведут к как раз этим действиям; тренировка оператора также должна быть согласована с ними. Тогда вероятность погрешностей минимальная.

5. Определение размеров рассматривалось ранее (задачи 5.3-5.5).
6. Выбор технических решений. Информационным прибором может быть монитор, который позволяет настраивать цветовую палитру и удовлетворяет другим эргономическим требованиям [286, гл. 7]. В качестве *органа управления лучше использовать устройство типа «светового пера»*, которое позволило бы перемещать вершины и треугольника в целом. Удобно закрепить небольшое и легкое световое перо на указательном пальце оператора, что позволит сэкономить время на подсобных операциях. Программное обеспечение, кроме отображения вышеописанного изменения параметров, должно позволять производить все управляющие действия и генерировать необходимую реакцию оборудования, а также давать возможность делать настройки.

*Предварительная оценка.*

1. Определение меры отклонения. Система (1) включает информационную и управляющие подсистемы (2), отображает и управляет тремя взаимозависимыми характеристиками (3). Эти количества соответствуют расчетным, поэтому  $M_o$ , подсчитанная соответственно (6.13), равна нулю.

2. Определение эффективности. Система позволяет предварительно начинать действия, направленные на недопущение аварии. Поэтому она является эффективной (подсчитать  $M_e$  нельзя, вследствие демонстрационного характера примера).

3. Определение меры согласованности. Поскольку интуитивно обусловленная реакция, рефлекс и обдуман решения приводят к одинаковым действиям,  $M_c=1$ .

*Вывод.* По предварительным оценками, система, организованная соответственно 6.24, удовлетворяет требованиям эффективности и надежности. Для более точной оценки необходимые данные и методики, приведенные в [64].

Следует отметить, что практическое использование предложенных решений являлось с некоторыми затруднениями. Проиллюстрируем их очередной задачей.

**Задача 6.7.** *Проблемы усовершенствования пилотажного прибора.*

*Постановка.* Завершающие этапы полета сопровождаются большой психологической нагрузкой. Погашение отклонений от глиссады и удержание допустимых значений скорости самолета, который быстро двигается и имеет

большую инерцию, нуждаются в согласованности реакций на визуальную обстановку, показания приборов, команды диспетчера, вестибулярные ощущения. Этому мешает незакономерность отклонений и отставания показаний и команд от динамики событий [224,с.160]. Поэтому обрабатывалось много предложений относительно улучшения приборов.

*Решение.*

1. Эргономические недостатки наиболее часто встречающихся решений, концептивно, такие: 1) неоднородность представления данных (алфавитно-цифровые, условные знаки, цвет, реалистичное отображение рельефа); 2) большое количество контролируемых параметров (22-28) превышает емкость оперативной памяти и не соответствует структуре системы восприятия; 3) отсутствие: целостной системы способов влияния на психоэмоциональное состояние; подсказок относительно принятия решения, в частности захода на второй круг; и координации движений управления с интуитивно обусловленными реакциями.

2. Предложенное на основе рекомендации 6.24. решение (рис. 6.18а) устраняет указанные недостатки следующим образом: 1) не используется алфавитно-цифровая форма кодирования; условные знаки и цвета имеют реалистичный характер; в зависимости от времени суток и погодных условий изменяется цвет, имитируются сигнальные огни ВПП, и тому подобное; 2) количество контролируемых параметров составляет 7-9, что соответствует числам Миллера, емкости оперативной памяти и 5-6 уровням восприятия. Масштабирование скорости, положение маркера глиссады, и т.п., согласно с рекомендованными значениями для данной стадии полета осуществляется автоматически; 3) синий (небо), зеленый (рельеф), серый (самолет, ВПП), оранжевый (положение относительно глиссады) цвета успокаивают и привлекают внимание к наиболее критическим параметрам. Подсказки (подвижный символ самолета относительно фиксированного горизонта (рис. 6.17б), кодирование вертикальной скорости оттенками серого, когда недопустимые значения изображаются черным и белым, контроль курсов относительно глиссады и ВПП, фиксация точки принятия решения относительно захода на второй круг, и т.п.) составляют целостную и соответствующую ситуации систему и согласованные с психологическими ассоциациями и интуитивно обусловленными реакциями.

Обсуждение этих предложений проявило такие основные возражения:

А. Решение на рис.6.18б противоречит визуальным данным (рис.6.18в), и потому не является оптимальным. Это замечания является частью дилеммы «приборный образ или образ полета», относительно которой высказывались различные мнения [76,84]. Это связано с реальным противоречием между интуитивной и рефлекторной реакцией, которая выработалась в ходе тренировок. Отметим, что при конечном положении самолета относительно горизонта (рис.6.18а), противоречий между ними нет.

Б. Использование цвета и горизонтальной проекции для кодирования скорости и высоты является «непривычным», «неудобным», «мешает оценить обстановку». Такое решение действительно не соответствует обычной цифро-

вой форме представления данных, хотя реально как раз упрощает оценку и принятие решения.

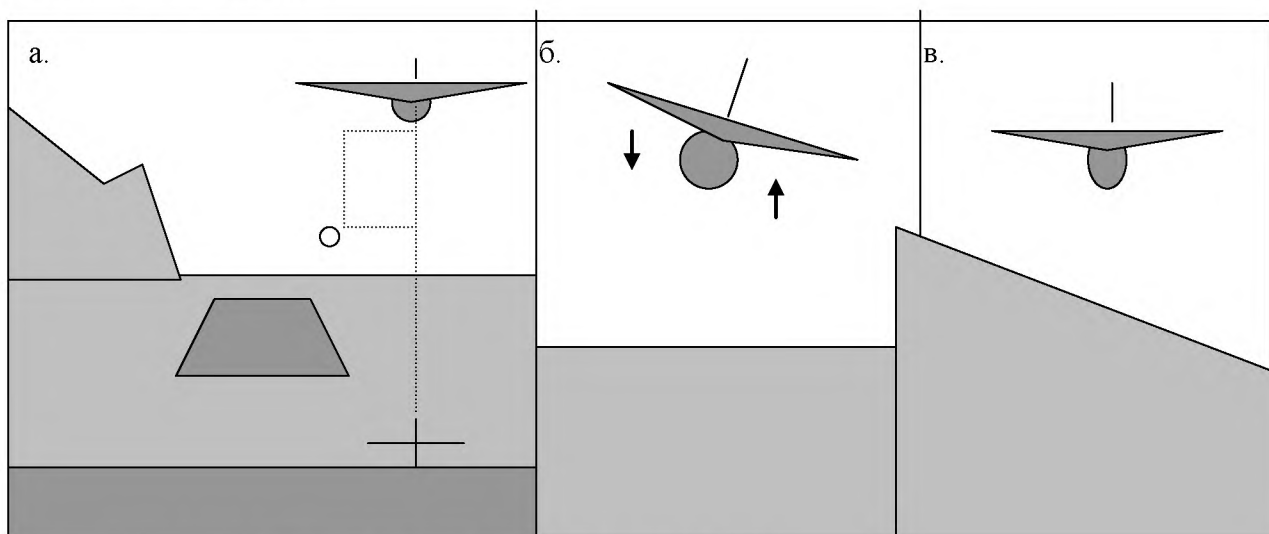


Рис. 6.18. Решение пилотажного прибора

*Комментарий и рекомендации.* Таким образом, возражения связаны с тем, что в результате обучения и работы с существующими СОИ, составляется стереотипное представление о том, какой должна быть такая система, и фиксированные привычки, которые мешают адаптации к новым решениям. Учитывают эту ситуацию следующие рекомендации:

**6.25.** *Решение на основе рекомендаций 6.24. должно быть комплексным, т.е. все информационные подсистемы должны иметь одинаковый стиль кодирования и технической реализации, который лучше достигается в высокоавтоматизированных новых, а не модифицированных образцах. Должны быть учтены такие результаты обсуждения и испытаний, которые не нарушают целостности концепции (например, изображение самолета относительно горизонта как на рис. 6.18в, а не 6.18а).*

**6.26.** *Технические решения должны обязательно сопровождаться рекомендациями относительно содержания и организации процесса обучения операторов<sup>6</sup>.*

## Особенности совершенствования управления для ТС МС

Задача оптимизации управления заключается в нахождении решения  $x^1 \in X^T$  при заданном подмножестве  $X^T \subseteq X$ , удовлетворяющего условию  $\xi(x^1) \leq \xi(x)$  для всех  $x$  из  $X^T$ .  $\xi: X \rightarrow V$  является функцией, отображающей производительное множество  $X$  в множестве  $V$ , частично или полностью упорядоченное отношением  $X \leq V$ . При формулировании и решении таких задач приняты следующие обозначения:

<sup>6</sup> Определение новых навыков, а также тех, которые должны быть изменены, может производиться на основе МЧС; отчасти этот вопрос рассматривается в главе 8.



$X$  – множество решений оптимизационной задачи;  
 $X^T$  – множество допустимых решений оптимизационной задачи;  
 $V$  – множество платежей;  
 $\xi$  – целевая функция;  
 $x^I$  – решение оптимизационной задачи  $(\xi, X^T)$ ;  
 $P$  – выходная функция управляемого процесса;  
 $G$  – оценочная функция;  
 $Y$  – множество выходов процесса  $P$ .

Глобальная задача оптимизации соответствует достижению глобальной функционирования иерархической организационной системы и определяется парой  $(\xi, M)$ , где  $\xi$  – заданная целевая функция,  $M$  – множество сигналов локального управления. Целевая функция определяется выходной функцией управляемого процесса  $P$  и глобальной функцией качества  $G : M \times Y \rightarrow V$ , при этом

$$\xi(m) = G(m, P(m)) \quad (6.15)$$

Решение глобальной задачи оптимизации  $D$  достигается глобально-оптимальным управляющим воздействием  $m \in M$ , если

$$\hat{\xi}(m) = \min_M \xi(m), \quad (6.16)$$

Локальные оптимизационные задачи решают на уровне нижестоящих управляющих подсистем  $c_1, c_2, \dots, c_n$ . Их решение заключается в нахождении оптимальных локальных решений, представляющих собой минимизацию (максимизацию) значений множеств оценочных показателей и локальных критериев оценки технологических решений.

Перечень локальных оптимизационных задач определяет координатор  $C_0$ , о чем ставит в известность нижестоящие управляющие подсистемы координирующими сигналами  $\gamma, \gamma \in \Gamma$ . Если нижестоящая управляющая подсистема  $C_i$  иерархическое организационной системы решает оптимизационную задачу  $D_i(\gamma), \gamma \in \Gamma$ , определяемой парой  $(\xi_{i\gamma}, X_{i\gamma})$ , то ее решением будет элемент  $x_i^\gamma, x_i^\gamma \in X_{i\gamma}$  выполнено условие:

$$\xi_{i\gamma}(x_i^\gamma) = \min_{X_{i\gamma}} \xi_{i\gamma}(x_i), \quad (6.17)$$

где  $\xi_{i\gamma}$  – заданная целевая функция, определяемая на множестве  $X_i$ ;  
 $X_{i\gamma}$  – заданное подмножество  $X_i$ ;

$\xi_{i\gamma}$  определяют через выход процесса  $P$  и локальную функцию качества  $G_{i\gamma}$  из выражения

$$\xi_{i\gamma}(x_i) = G_{i\gamma}(x_i, P_{i\gamma}(x_i)), \quad (6.18)$$

Оптимальное управление ТС МВ обеспечивается не только нахождением решений глобальных и локальных оптимизационных задач, соответственно, на уровнях координатора и нижестоящих управляющих подсистем, но и выбором оптимальных координатора и нижестоящих управляющих подсистем, а также оптимальных координирующих сигналов.

Стратегия координации  $S_0 : \Gamma \times \Omega \rightarrow \Gamma$ , выбираемая для получения оптимальных координирующих сигналов, определяется содержанием информационных сигналов  $\omega \in \Omega$ . Координатор  $C_0$ , получив информационный сигнал от нижестоящей подсистемы  $C_i$ , осуществляет выбор координирующего сигнала  $\gamma$ , основанного на координирующем сигнале  $\omega$  и направляет его подсистеме  $C_i$ . На основании координирующего сигнала  $\gamma$ , нижестоящая управляющая подсистема  $C_i$  выбирает оптимальное решение  $(m_i^\gamma, u_i^\gamma) = C_i(\gamma)$  локальной задачи  $D_i(\gamma)$ . Передача координирующего сигнала является необходимым, но не достаточным условием решения локальной оптимизационной задачи  $D_i(\gamma)$ . Если найденное подсистемой  $C_i$  решение не является оптимальным, оптимизация функционирования осуществляется с привлечением итерационной процедуры с участием вышестоящей и нижестоящей управляющих подсистем. Информационный сигнал  $\omega(\gamma)$ , являющийся реакцией нижестоящей подсистемы на координирующий сигнал  $\gamma$ , должен содержать информацию, позволяющую координатору  $C_0$ , зная  $\omega(\gamma)$  и  $\gamma$ , определить:

- является ли решение локальной задачей  $D_i(\gamma)$  оптимальным;
- координируема ли система.

Выбор оптимального координирующего сигнала производит в результате осуществления  $K$  итераций, начинающихся координирующим сигналом  $\gamma_0$  и заканчивающихся оптимальным координирующим сигналом

$$\gamma^{K+1} = S_0(\gamma^K, \omega(\gamma^K)), \quad (6.19)$$

где  $S_0$  – стратегия координации.

Практически принцип оптимального управления применим *только в тех случаях, когда определен приоритет одного из локальных критериев в ущерб значениям остальных критериев.*

В большинстве случаев в процессе организации строительного производства осуществляется поиск наилучшего сочетания значений оценочных показателей, множеств показателей и локальных критериев в области Парето-оптимальных решений, поскольку они заданы интервалами допустимых значений. Тогда уместно говорить не об оптимальном, а об удовлетворительном управлении. Управление считают удовлетворительным, если для всех  $\beta_i \in \beta_i^*$  и  $u_i \in U_i^*$  выполняется условие

$$\hat{\xi}_i(m_i, u_i, \beta_i) < \tilde{\xi}_i(m_i, u_i, \beta_i), \quad (6.20)$$

где  $\tilde{m}_i$  – удовлетворительное управление;  
 $u_i$  – связующий вход;

$\tilde{U}_i$  – диапазон изменений связующего входа;

$\beta_i$  – параметры оценки функционирования системы (значения оценочных показателей, множеств показателей, локальных критериев);

$\tilde{\beta}_i$  – диапазон изменений значений параметров  $\beta_i$ .

Процесс управления ассоциируется с процессом принятия решений, направленных на достижение цели функционирования управляемых систем. В большинстве случаев он сводится к выявлению сравнительной эффективности рассматриваемых вариантов. Как известно, решения, принимаемые руководителями различного уровня в процессе строительства, бывают трех типов:

- бинарные;
- многовариантные;
- инновационные.

Бинарное решение принимают в тех случаях, когда рассматриваются две альтернативы, реализация которых ведет к достижению одинакового или близкого результата диаметрально противоположными путями. Крайний характер альтернатив приводит к тому, который специалисты, принимающие решения, занимают противоположные позиции, который препятствует осуществлению эффективного управления.

Процесс принятия инновационных решений основывается на формировании и реализации ранее неизвестных альтернатив. При этом руководитель не только выбирает наилучший вариант, но и формирует сравниваемые варианты. Процесс принятия инновационного решения предполагает функционирование системы в режиме «рациональный процесс – творческий (инновационный) процесс – рациональный процесс». Творческим процессом здесь является формирование вариантов для сравнения, оценки и выбора. Подбор исходных данных для формирования вариантов, их анализ, определение критериев для сравнения, оценка и выбор наилучших вариантов, приводят по определенным формальным правилам.

**Рассмотрим способы принятия решений.**

Сделаем предварительное замечание методологического характера. Как известно, сам человек и его психика в частности, представляют собой сложную систему, каждый из уровней которой реагирует на внешние воздействия специфическим образом. Поэтому возможны разные способы принятия решения, характеризующиеся доминантой какого-либо из уровней психической организа-

ции. Так, в [134] рассматриваются интуитивные, волюнтаристские, рациональные, эмоциональные решения, каждое из которых является специфической формой взаимодействия с окружающей средой, требует соответствующего представления информации и характеризуется определенной длительностью процесса. Так, интуитивные способы принятия решений интерпретируются, как реакции на нарушения целостности системы и имеют целью ее восстановление, эмоциональные – как непосредственные реакции на те или иные сенсорные восприятия и т.д.

Нельзя отрицать, который каждый из этих способов вносит свой вклад в принятие решения, и который их комплексный учет необходим для построения адекватной модели процесса принятия решения. Однако, поскольку для ТС МКВЖС время принятия решения не служит ограничивающим фактором, *целесообразно пренебречь всеми перечисленными способами, за исключением рационального*. Отметим, который большинство исследований в области теории принятия решений [59, 65, 67, 69, 246] поступают именно так.

**Рациональное решение** характеризуют следующие особенности [134]:

- исходными данными являются либо непосредственно сенсорные ощущения, либо выраженная посредством речевого или символического кода информация;
- формируется символическая или формальная модель ситуации с взаимодействием, в той или иной степени, речевого кода;
- производится анализ ситуации, прогноз ее развития, выбор оптимального варианта действий.

Схема принятия рационального решения представлена на рис. 6.19.

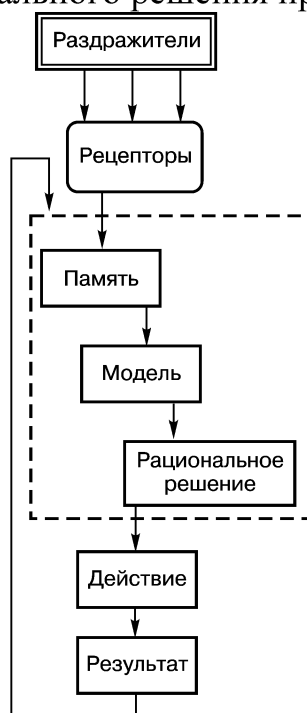


Рис. 6.19. Схема принятия рационального решения

Отметим, что *такой способ принятия рационального решения характерен для всех уровней организации ТС МС, независимо от его содержательного наполнения. Его и следует использовать при разработке архитектуры АСУ.*

Теперь рассмотрим **формальную схему принятия решения в ТС МС**. Она заключается в том, что на основе анализа ситуации и прогноза ее развития выбирается одна из двух стратегий оптимизации – инновационная или основанная на сравнении различных вариантов без существенной модификации исходных условий, целей и ограничений. Отметим сразу, что такой тип оптимизации характерен для среднего руководящего звена фирмы – ИТР, обеспечивающих управление на 3 – 5 уровнях ТС МС.

Для выбора рациональных технологических решений в строительстве монолитно-каркасных домов необходимо создание системы вариантов, каждый из которых характеризуется конечным множеством оценочных показателей, описывающих свойства сравниваемых вариантов. Выбор наилучшего варианта в этой ситуации может осуществляться двумя методами:

- с учетом значений всех оценочных показателей, характеризующих сравниваемые варианты;
- по специальному признаку – критерию, сформированному на основе совокупности значений оценочных показателей.

В каждой конкретной ситуации правомерность применения того или иного метода выбора наилучших вариантов должна быть строго обоснована.

Математический аппарат, чаще всего используемый для отыскания оптимальных решений, базируется на оценке качества принимаемого решения на основе одного скалярного критерия.

Однако при оценке технологических решений монолитно-каркасного строительства применение скалярного принципа правомерно лишь в том случае, когда может быть обоснован очевидный приоритет одного из признаков, характеризующих оцениваемый вариант. При этом значения остальных оценочных показателей могут быть весьма далеки от оптимальных.

Поэтому более объективным является метод выбора наилучших вариантов с учетом значений конечного множества оценочных показателей, характеризующих сравниваемые варианты. В основе метода лежит выбор варианта альтернативы по векторному критерию  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ , где  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – оценочные показатели [67].

Поскольку повышение качества решений возможно только посредством комплексной оценки, выбора и оптимизации объемно-планировочных, конструктивных и технологических решений с учетом экономических последствий их реализации. Поэтому необходимым является многофакторное моделирование, позволяющего оценивать взаимосвязи между процессами принятия решений, а также связей между отдельными оценочными показателями, характеризующими принимаемые решения.

Реализация основных этапов многофакторного моделирования должна базироваться на *соблюдении определенных требований к последовательности решения локальных задач, являющихся составными частями задачи комплекс-*

ной системной оценки. Для каждой из них строится своя модель. Перечислим эти модели.

1. Модель, соответствующая локальной задаче выбора рациональных конструктивных решений с учетом требований планировки, может быть представлена в виде функции:

$$K_j = \xi_j(K_{on1}, \dots, K_{om}, K_{kl}, \dots, K_{km}), i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m, \quad (6.21)$$

где  $K_{oni}$ ,  $K_{kj}$  – показатели, характеризующие то или иное объемно-планировочное и конструктивное решение.

2. Поскольку возможность практической реализации ограничивает принятие архитектурных решений, модель также должна отображать как прямые, так и обратные связи между объемно-планировочными и конструктивными решениями:

$$K_{oni} = \psi_{oni}(K_{on1}, \dots, K_{om}, K_{kl}, \dots, K_{km}), i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m \quad (6.22)$$

$$K_{kj} = \psi_{kj}(K_{on1}, \dots, K_{om}, K_{kl}, \dots, K_{km}), i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$$

2. Аналогичный вид будет иметь модель оценки технологических и организационных решений по производству опалубочных, арматурных и бетонных работ:

$$\begin{aligned} K_T &= \xi_T(K_{ol}, \dots, K_{tp}, K_{ol}, \dots, K_{ol}), i = 1, \dots, p, j = 1, \dots, l \\ K_{Ti} &= \psi_{Ti}(K_{Tl}, \dots, K_{Tp}, K_{ol}, \dots, K_{kl}), i = 1, \dots, p, j = 1, \dots, l \\ K_{oj} &= \psi_{oj}(K_{Tl}, \dots, K_{Tp}, K_{ol}, \dots, K_{kl}), i = 1, \dots, p, j = 1, \dots, l \end{aligned} \quad (6.23)$$

3. В качестве ограничений выступают условия ограниченности ресурсов, в частности, механизации (2.5), а также средств управления (2.7).

4. Экономические следствия принимаемых решений могут быть оценены с помощью модели:

$$K_\varepsilon = \xi_\varepsilon(K_{on1}, \dots, K_{om}, K_{kl}, \dots, K_{km}, K_{Tl}, \dots, K_{Tp}, K_{ol}, \dots, K_{ol}) \quad (6.24)$$

Приведенные модели являются основой для формирования конечного множества вариантов проектных решений, из которых производят выбор рационального решения (рис. 6.20).

Задача выбора наилучшего варианта по конечному множеству оценочных показателей, многие из которых бывают несопоставимыми, значительно более сложна и трудоемка.

Для ее решения сравниваемые варианты  $\{a_i\} \in A_j, i = 1, \dots, M$ , а также результаты их реализации  $\{X_{ij}\}, i = 1, \dots, M; j = 1, \dots, N$  целесообразно представить в матричной форме. Если  $M$  вариантов оцениваются по  $N$  показателей, то матрица результатов будет иметь вид, представленный в табл. 6.7.

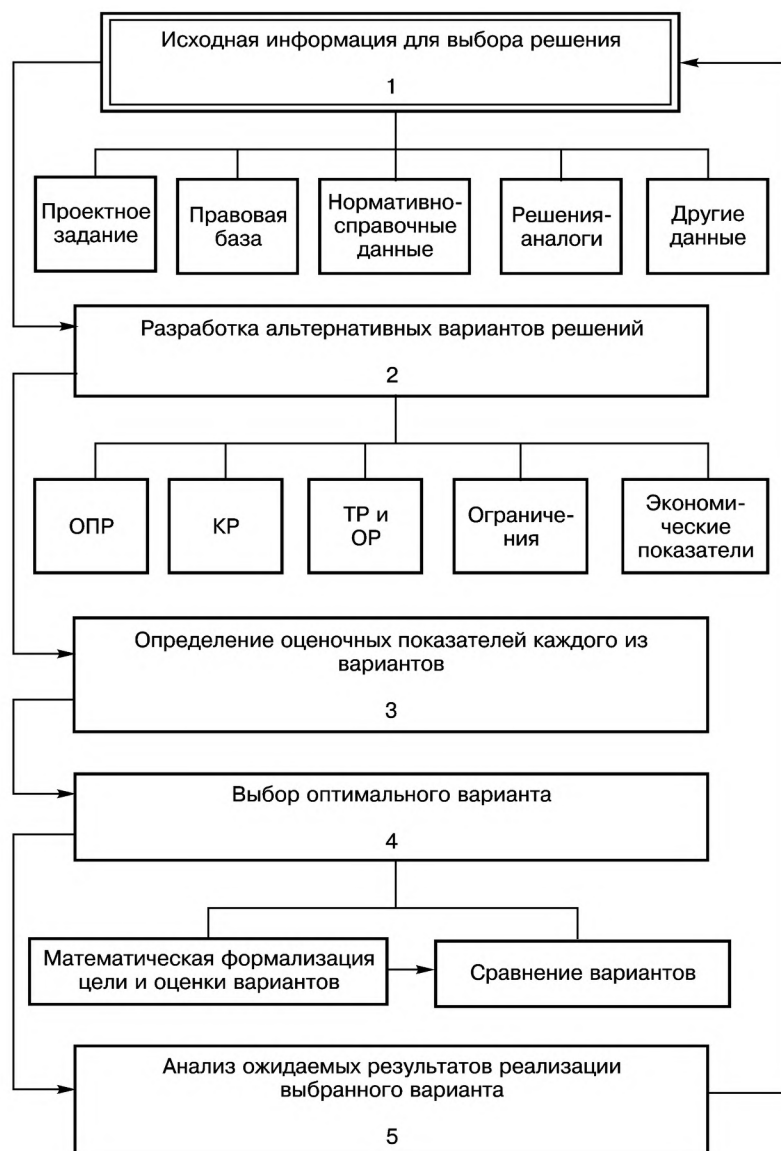


Рис. 6.20. Последовательность принятия решения для ТС МС

Таблица 6.7. Матрица сравниваемых результатов

Вариант	Номера оценочных показателей			
	1	2	.....	N
$a_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	.....	$X_{1N}$
$a_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	.....	$X_{2N}$
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	.....	$\cdot$
$a_M$	$X_{M1}$	$X_{M2}$	.....	$X_{MN}$

Каждый результат представляет собой множество последствий реализации соответствующего варианта.

Заметим, что использование матрицы результатов для выбора наилучшего варианта возможно лишь в том случае, когда один из вариантов превосходит все остальные, отобранные для сравнения, по всем оценочным показателям, который на практике бывает редко. Чаще приходится иметь дело не только с различными, но и с разнокачественными результатами, которым необходимо дать единую оценку, и на основании этой оценки производить выбор наилучшего варианта. Для этого лучше подходит вектор оценок, полученный путем сопоставления каждого результата с безразмерной оценкой  $\bar{X}_{ij}$ .

$$[a_i] = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{im}], i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, N, \quad (6.25)$$

где  $[a_i]$  – вектор оценок.

Безразмерные величины  $X_{ij}$  представляют собой полезный эффект (величину полезности)  $i$ -го варианта по  $j$ -му показателю. По аналогии с матрицей результатов (табл. 6.7) можно составить матрицу оценок (табл. 6.8), с помощью которой произвести сравнение рассматриваемых вариантов путем сопоставления соответствующих векторов оценок. Здесь для упрощения процедуры сравнения вариантов конечное множество оценочных показателей представляют в виде трех подмножеств. К первому подмножеству относят показатели, при несоответствии любому из которых вариант отклоняется (подмножество показателей-требований  $\bar{X}^1$ ).

**Таблица 6.8.** Матрица оценок рассматриваемых результатов

Варианты	Номера оценочных показателей			
	1	2	.....	N
$a_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	.....	$X_{1N}$
$a_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	.....	$X_{2N}$
.	.	.	.....	.
.	.	.	.....	.
.	.	.	.....	.
$a_M$	$X_{M1}$	$X_{M2}$	.....	$X_{MN}$

Ко второму подмножеству относят показатели, по которым сопоставляют варианты (подмножество  $\bar{X}^2$ ). Третье подмножество формируют из показателей, называемых учитываемыми условиям и (подмножество  $\bar{X}^3$ ). Для подмножеств  $\bar{X}$  путем приоритетного ранжирования входящих в них оценочных показателей определяют коэффициенты значимости  $q_j$ . Для учитываемых условий, составляющих подмножество  $\bar{X}^3$ , определяют их ранги. С учетом сказанного матрица оценок (табл. 6.8) примет вид таблицы 6.9:

**Таблица 6.9.** Матрица конечного множества рассматриваемых вариантов

Варианты	Показатели-требования, $\bar{X}^1$	Оценочные показатели, $\bar{X}^2$	Учитываемые условия, $\bar{X}^3$
$a_1$	$X^1_{11} \dots X^1_{1p}$	$X^2_{11} \dots X^2_{1s}$	$X^3_{11} \dots X^3_{1t}$
$a_2$	$X^1_{21} \dots X^1_{2p}$	$X^2_{21} \dots X^2_{2s}$	$X^3_{21} \dots X^3_{2t}$
.	.	.....	.
.	.		.
$a_{iM}$	$X^1_{M1} \dots X^1_{Mp}$	$X^2_{M1} \dots X^2_{Ms}$	$X^3_{M1} \dots X^3_{Mt}$

Конечным результатом вышеописанных операций, создающим реальную основу принятия оптимального решения, то является выбора наилучшего варианта, является построение ряда предпочтительности сравниваемых вариантов на основе вектора-столбца оценки их полезности. Полезность сравниваемых вариантов определяют по обобщенным критериям эффективности каждого из вариантов, получаемых с использованием одного или нескольких решающих правил, разработанных в общей теории принятия решений [150, 197, 198].



Таким образом, независимо от того, на каком из уровней принимается решение, его формальная схема будет одинакова (изоморфна). Изменяется только содержание моделей (полиморфизм). Однако с математической точки зрения, поиск оптимального значения для всех перечисленных моделей происходит одинаковым образом.

Теперь уточним **содержательную сторону принимаемых решений**.

Характер решений и их привязка к структурам и внешним воздействиям разных уровней исследовались в рамках системного подхода, принятого в работе.

Для того, чтобы провести необходимую детализацию функций тех или иных структур и их руководителей, привлекались данные экспертных опросов.

Отметим, что при этом учитывались тенденции развития ТС МС, а также имеющиеся недостатки. Таким образом, представленные в табл. 6.10 данные имеют, в некотором смысле, «идеальный», целеполагающий и рекомендательный характер.

**Таблица 6.10.** *Обобщенная характеристика содержания принимаемых решений на всех уровнях ТС МС*

№ уровня	Структура ТС МС	Основные типы внешних связей	Преобладающие виды деятельности	Обобщенная характеристика решений	Необходимое информационное обеспечение	Требования к коммуникациям
1	2	3	4	5	6	7
1	Руководство фирмы	личные контакты	Перспективное планирование, работа с заказчиками, стратегическое руководство, PR	эвристические	БД: Партнеров, заказов; структур фирмы, обобщенных показателей деятельности; перспективных планов; Экспертные системы, эвристические анализаторы, системы ИИ	наивысшая, Интернет
2	Подразделения экономической безопасности и маркетинга	официальные и др. контакты, информационные каналы	Оптимизация финансовых и материально-технических ресурсов, правовой и нормативный контроль деятельности, обеспечение безопасности, реклама	аналитические, бюрократические	БД: Правовая, нормативная; показателей производственной и финансовой деятельности; ресурсов; Программы: учета, оптимизации, распределения материально-технических и финансовых ресурсов; автоматизации документооборота	высокая, Интернет

Продолжение таблицы 6.10						
1	2	3	4	5	6	7
3	Научно-производственные структуры	научно-технические, информационные каналы	Оптимизация организации, технологии, эргономики, разработка и внедрение инноваций, научно-технический мониторинг	творческие	БД: Проектов, решений-аналогов; научно-технической информации; Экспертные системы; Программы: расчетов и оптимизации	высокая, Интернет
4	Производственные структуры	незначительные	планирование и управление материально-техническими ресурсами, решение текущих производственных проблем в рамках ОПР и КР	инженерные	БД: проектов, ресурсов; нормативно-справочные Программы: расчетов и оптимизации	средняя (обычные каналы связи)
5	Руководство специализированными работами	незначительные	управление специализированными работами в рамках выделенных ресурсов	организационные	БД: ресурсов; нормативно-справочные Программы: технологических расчетов	средняя (обычные каналы)
6	Специализированные бригады	отсутствуют	обеспечение производительной и качественной работы	рутинные	БД: Нормативно-справочные	низкая
7	Исполнители	отсутствуют	Квалифицированное выполнение процессов	рутинные	Отсутствуют	низкая

Проанализируем табл. 6.10 и сделаем выводы относительно организации АСУ ТП.

1. Качественно различный характер внешних связей, структур и основных видов деятельности для каждого из уровней ТС МС определяет и качественные различия содержания принимаемых решений.

2. Отсюда следует необходимость организации специфических баз данных (или разграничения доступа к общей базе данных), разработки разных типов программного обеспечения, обеспечения разных каналов связи, закупки разных технических средств для каждого из уровней организации ТС МС.

3. Это, в свою очередь, дает возможность осуществить естественное разбиения АСУ ТП на отдельные автономные подсистемы (или организации «частных» АСУ для каждого из уровней или нескольких уровней), обеспечивает поэтапность ввода системы в действие, влияет на организацию разработки.

Обобщая содержание подраздела, приходим к выводу, который *АСУ ТП должна реализовывать общие алгоритмы поиска рациональных решений и оп-*

тимизации, однако содержательная сторона будет различной для каждого из уровней организации ТС МС.

Рассмотрим, каким образом этот вывод влияет на архитектуру АСУ ТП.

## **6.6. Архитектура автоматизированной системы управления технологией производства**

**Требования к системе** могут быть разделены на несколько категорий.

**Требования общего характера** заключаются в максимально возможном обеспечении соответствия АСУ структуре и функциям ТС МС.

**Специальные требования** соответствуют, прежде всего, к необходимости защиты данных от несанкционированного доступа.

**Требования эффективности** включают условия дешевой разработки и эксплуатации при простом обучении персонала, легкого доступа к основным функциям АСУ, возможности быстрой модернизации и расширения системы в соответствии с новыми задачами.

Отсюда, а также из результатов проведенного в подразделе 5.1 анализа непосредственно вытекают **принципы построения АСУ ТП**.

В соответствии с общими требованиями, АСУ ТП должна соответствовать определению ТС МС. Поэтому концепцию АСУ ТП следует изложить следующим образом.

**Определение 6.1.** *Автоматизированной системой управления технологией производства монолитного каркасного высотного жилищного строительства называется открытая, организованная, целостная, изоморфная система, обеспечивающая оптимальное управление и планирование проведения монолитных железобетонных работ при строительстве каркасных высотных жилых зданий соответственно внешним требованиям.*

Так же, как и для определения ТС МС, явное указание на функцию достижения оптимальности, построение согласно общей теории систем, конкретизация области функционирования, определяют новизну определения 5.1.

Итак, в определении указаны два важных принципа построения АСУ – *открытость* (который требует наличия в системе каналов внешних коммуникаций, в том числе, выхода в Интернет) и *организованность* (означает наличие подсистем разного уровня и связей между ними). Соотношение таких подсистем должно обеспечивать *целостность* АСУ, который будет в дальнейшем пониматься как ее *неаддитивность*.

Реализация *изоморфизма* подразумевает наличие общих для всех уровней организации ТС МС алгоритмов поиска рациональных решений. Это, наряду с неаддитивностью, определяет возможность организации *наследования* подсистемами низших уровней функций вышестоящих подсистем.

Различие содержательной стороны решений обуславливает *полиморфизм* функций системы, а их привязка к конкретным структурам подразумевает наличие *инкапсуляции*.

Таким образом, использование объектно-ориентированного программирования, идеология которого базируется на тех же ключевых понятиях (наследование, инкапсуляция, полиморфизм), представляется наиболее естественным для разработки АСУ ТП.

Учет специальных требований предполагает построение многоуровневой системы безопасности, включающей защиту от вирусов и спама при доступе в Интернет, стойкость к хакерским атакам, обязательное шифрование и дублирование важных документов, организацию отдельного доступа к ресурсам по специальным паролям, соответствующих рангам пользователей.

Наконец, требования эффективности означают реализацию следующих принципов:

- *оригинальность разработки АСУ*, который позволяет построить ее в точном соответствии с задачами обеспечения функционирования ТС МС, без избыточной или недостаточной функциональности;
- *открытость архитектуры*, обеспечивающая возможность интеграции в систему известных программ управления ресурсами, документооборотом, базами данных, финансовых и инженерных расчетов, обеспечения безопасности, обеспечения коммуникаций, анализа и эвристического моделирования, а также простоту модернизации или расширения, при необходимости, функциональности АСУ ТП;
- *автономность подсистем*, допускающую их поэтапный ввод в эксплуатацию, а также возможность ведения разработки несколькими коллективами в рамках общей концепции, который сокращает сроки разработки и ускоряет окупаемость АСУ;
- *автономность модулей*, допускающую их многократное использование в различных подсистемах, который позволяет упростить разработку;
- *применение стандартных графических Windows-подобных интуитивно понятных интерфейсов*, снабжение АСУ подробной справочной системой, учебными и демонстрационными версиями программ, учебной и технической документацией, который призвано ускорить обучение персонала ИТР и МОП, а также сопровождение и модернизацию АСУ;
- *использование одинаковых средств и технических условий разработки*, который обеспечит упрощение стыковки автономных модулей и подсистем и создание целостной АСУ;
- *тщательная оценка необходимых системных ресурсов*, определение оптимальности имеющегося программного обеспечения и парка компьютерной и коммуникационной техники, который должно помочь сэкономить значительные средства при развертывании системы, обеспечивая в то же время наращивание функциональности в перспективе.

**Структура и функции АСУ ТП.** *Количество и состав подсистем* определяется в результате анализа таблицы 6.10 и с учетом требований и принципов построения АСУ ТП. Система включает:

- систему управления базами данных (СУБД);
- систему безопасности (СБ);
- подсистему обслуживания внешних связей (СВС);
- систему управления фирмой (СУФ);
- подсистему управления финансовыми и материально-техническими ресурсами (СУР);
- научно-техническую подсистему (НТС);
- инженерную подсистему (ИС).

Структура АСУ ТП дана на рис. 6.21. Отметим, что сфера действия АСУ ТП распространяется на 1-5 уровни организации ТС МС, т.е. до уровня руководства специализированными работами на объектах; как следует из табл. 6.10, особой необходимости в автоматизации на уровнях специализированных бригад и отдельных исполнителей нет. Таким образом, здесь можно значительно сэкономить на закупке вычислительной техники.

Дадим краткий комментарий относительно состава каждой из подсистем, их областей действия, программного обеспечения и парка оборудования, а также связей между собой. В соответствии с этим оценим потребности и возможности разработки нового и адаптации существующего программного обеспечения.

*Система управления базами данных* включает все перечисленные в табл. 6.10 специализированные базы данных, объединенные общей программой управления, другими обслуживающими программами, стандартным интерфейсом, информационно-поисковыми и справочными средствами.

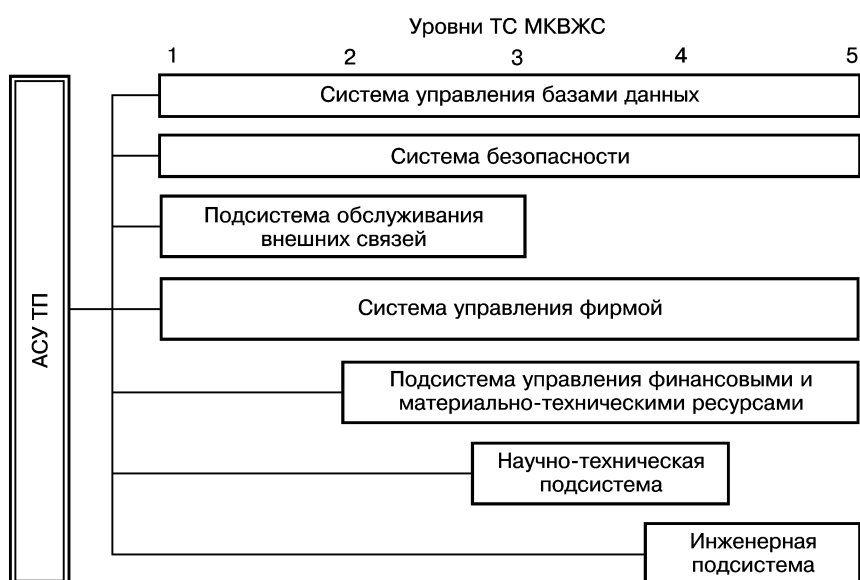


Рис. 6.21. Соответствие структур АСУ уровням ТС МС  
Областью действия СУБД являются 1-5 уровни ТС МС.

Как видно из рис. 6.21, базы данных и функции их обслуживания достаточно разнородны (гетерогенны), но, в то же время, являются стандартными и не имеют каких-либо качественно новых особенностей. Поэтому можно рекомендовать не разрабатывать собственную СУБД, а адаптировать под реальные

потребности какой-либо из существующих продуктов, например, фирмы Oracle. Отдельная СУБД и нестандартные базы данных могут создаваться только для ИС, ввиду ее повышенной автономности. В этом случае необходимо обеспечить совместимость форматов данных и возможность их обновления. Операционная система (ОС), в которой функционирует СУБД, должна отличаться повышенной надежностью и иметь встроенные средства защиты. Кроме того, она должна быть легко совместима с ОС ИС. Исходя из этих соображений, в качестве операционной системы можно рекомендовать различные версии Windows XP – Professional для персональных компьютеров и ноутбуков, Server – для отдельных подсистем, Data Center – для СУБД в целом.

Парк оборудования должен определяться, исходя из следующих обстоятельств:

- базы данных всех подсистем АСУ ТП, за исключением ИС, могут быть размещены в офисных помещениях и связаны между собой корпорационной сетью по схеме клиент-сервер;
- база данных инженерной подсистемы, а также все необходимое программное обеспечение, должно размещаться на автономных портативных компьютерах (ноутбуках), которые находятся в личном пользовании руководителей проектов и специализированных работ. Это объясняется нецелесообразностью организации сети на строящихся объектах;
- должно быть обеспечено своевременное обновление программного обеспечения и содержимого баз данных ИС.

Таким образом, парк оборудования должен включать:

- высокопроизводительные серверы с надежными и емкими RAID-массивами носителей данных, снабженные средствами резервного копирования;
- парк персональных компьютеров, устанавливаемых в офисных помещениях (как вариант – просто терминалов);
- парк ноутбуков, находящихся в личном пользовании руководителей;
- сетевые средства;
- средства связи;
- аппаратные средства безопасности.

СУБД связана со всеми остальными компонентами АСУ ТП, включая и хорошо защищенные связи с внешними объектами.

**Система безопасности** включает: аппаратные средства безопасности, системы антивирусной защиты, шифрования, разделенного доступа к БД, защиты от спама, базы данных, информационно-поисковые средства, справочная система.

Область действия СБ распространяется на все уровни АСУ ТП; для ИС должна быть организована автономная система безопасности.

В состав программного обеспечения должны входить: корпорационные и персональные брандмауэры, антивирусные пакеты, специальные программы

шифрования данных, средства раздельного доступа (по паролям и приоритетам). Все эти программы существуют, и некоторые из них включены в состав ОС. Например, антивирусную защиту обеспечивают пакеты AVP, Norton Antivirus, антивирусы McAfee и т.д., безопасность в Интернет – Norton Internet Security, анализатор вторжений хакеров Real Secure, защиту электронной почты – Ascom, шифрование данных – Secret Disk, Kremlin и т.д. Поэтому нет необходимости в разработке каких-либо специальных программ.

Аппаратные средства безопасности могут включать средства биометрической идентификации, а также специальное шифровальное оборудование. Их следует применять только для обработки информации повышенной секретности (коммерческая информация, БД клиентов, основные показатели деятельности фирмы, перспективные планы, разработки ноу-хау, некоторые документы НЦФ) с ограниченным правом доступа высшими руководителями фирмы. Для остальных пользователей вполне достаточными являются программные средства защиты.

Система безопасности интегрирована во все остальные подсистемы АСУ ТП.

**Подсистема обслуживания внешних связей** включает каналы связи, средства электронной почты и телефонии, информационно-поисковые службы (для Интернет, интранет, баз данных) программы-переводчики, программы голосового ввода, средства распознавания, презентаций, размещения рекламы, базы данных, а также специальные программы-анализаторы информации, справочные и обучающие системы.

Областью действия СВС являются три первых уровня ТС МС.

За исключением программ-анализаторов, имеются качественные средства, обеспечивающие выполнение остальных функций. Уровень программ-анализаторов, тесным образом связанный со спецификой управления (эвристическое, табл. 6.10), пока не достиг необходимого уровня.

Решение этой задачи зависит от прогресса в области искусственного интеллекта. Следует отметить, который оптимизм 60-тых годов, когда появлялись программы с названиями типа «Универсальный решатель проблем», в настоящее время сменился скептицизмом, т.к. достигнутые успехи в областях машинного перевода, распознавания образов, эвристического моделирования и т.д. не оправдали первоначальных надежд. В то же время, программы типа СУС хорошо справляются с обработкой запросов и обслуживанием экспертных систем, который определяет возможности их применения уже сейчас.

Парк оборудования включает стандартные устройства (факсы, модемы, телефонные аппараты и т.п.), обеспечивающие связь с Интернет-провайдером. Возможна организация выделенного канала скоростной связи, в том числе через спутник.

Система обслуживания внешних связей теснейшим образом связана с системой безопасности, а также СУБД и СУФ.

**Система управления фирмы** включает внутренние каналы связи, средства поиска в корпорационной сети, программы автоматизации документообо-

рота, программы голосового ввода, базы данных, экспертные подсистемы, а также специальные эвристические программы-анализаторы и планировщики.

Областью действия системы являются все уровни ТС МС.

В настоящее время существуют пакеты, обеспечивающие выполнение указанных функций. Это, например, продукты серии ЛИГА (консультанты и базы данных по законодательству, нормативным актам, налогам, а также руководству, продажам и т.д.), пакеты DELOPRO и ЕВФРАТ (автоматизация документооборота) и т.д. Разработка экспертных подсистем и эвристических анализаторов и планировщиков, тесно связанная с проблематикой искусственного интеллекта, сталкивается с трудностями, охарактеризованными выше.

Парк оборудования включает стандартные средства обеспечения функционирования внутренних сетей, а также специальные средства автоматизации труда руководителей разного уровня. Последние могут включать заказные пульта, электронные планшеты, особые средства связи и т.д.

Система управления фирмой связана с остальными подсистемами АСУ ТП.

**Подсистема управления материально-техническими и финансовыми ресурсами** включает базы данных, средства автоматизации учета и перемещения финансовых активов, материальных и технических ресурсов, а также документооборота, средства анализа основных показателей деятельности фирмы, экспертные подсистемы, планировщики, справочные и обучающие средства.

Областью действия системы являются 2-4 уровни организации ТС МС.

Данная подсистема в наибольшей степени может опираться на существующее программное обеспечение. Например, серия продуктов фирмы 1С включает пакеты Предприятие, Бухгалтерия, Торговля Склад, Архив, Анализ (финансового состояния), Зарплата и Кадры, соответствующие национальным стандартам делопроизводства и отчетности. Имеются другие аналогичные продукты разных фирм. Таким образом, разработка программного обеспечения здесь сводится к интеграции с подсистемой безопасности и СУБД, а также созданию экспертных систем.

Парк оборудования включает описанные выше средства и, в основном, базируется на персональных компьютерах (терминалах), объединенных во внутреннюю сеть фирмы.

Система тесно связана с подсистемами безопасности, СУБД, управления. Для остальных подсистем связь осуществляется через ограниченный доступ к базам данных.

**Научно-техническая подсистема** включает внешние и внутренние каналы связи, средства поиска в корпорационной сети и Интернет, программы автоматизации моделирования, расчетов, эвристического анализа, представления научной информации, системы CAD/CAM, базы данных, экспертные подсистемы, а также специальные средства обработки информации. Поскольку пользователи являются квалифицированными специалистами, нет необходимости в дополнении подсистемы особыми средствами обучения.



Область действия системы – третий уровень организации ТС МС. Следует отметить, который средства НТС имеют ограниченный доступ к коммерческой информации, а их вмешательство в работу системы управления ограничивается только рекомендациями, подготовленными по заданию руководства фирмы.

Программное обеспечение этой подсистемы отличается наибольшим разнообразием. Можно выделить две его категории: постоянную составляющую, включающую стандартные для всех подсистем средства поиска, безопасности и т.д., а также программы анализа, оптимизации, обработки, представления научных данных, и переменную составляющую, определяемую текущими задачами научного центра.

Используемое программное обеспечение, таким образом, базируется как на существующих средствах (например, MathCAD, ArhiCAD, программы статистической обработки и т.д.), так и специально разрабатываемых.

Парк оборудования, помимо перечисленных выше средств, должен включать рабочие станции, предназначенные для выполнения и отображения результатов расчетов повышенной сложности.

Система связана с остальными подсистемами фирмы с описанными выше ограничениями.

**Инженерная подсистема** включает автономные средства безопасности, базы данных, программы инженерных расчетов, программы управления ресурсами, выделяемыми для объекта или участка, средства доступа к другим базам данных, обеспечивающим модернизацию программного обеспечения, справочные и обучающие программы.

Областью действия подсистемы являются 4 и 5 уровни ТС МС.

Помимо стандартных программных средств, обеспечивающих безопасность, связь с базами данных и т.п., подсистема должна включать специально разработанные в соответствии с данными в разделах 3-4 алгоритмами программы расчета комплекта опалубки, состава бригад, простого управления ресурсами и т.д. Некоторые из этих программ, наряду с их общей оболочкой – пакетом ИТР-2000, описаны в пятой главе.

Парк оборудования базируется на ноутбуках, снабженных средствами соединения с персональными компьютерами, рабочими станциями и внутренними сетями.

Связи инженерной системы с другими подсистемами, за исключением научно-технической, ограничены и осуществляются только при необходимости модернизации баз данных и программного обеспечения.

Таким образом, обоснованы функции и состав АСУ ТП в целом и ее отдельных подсистем. Остановимся теперь на особенностях и последовательности их разработки и развертывания.

**Разработка АСУ ТП.** Разработка, тестирование и развертывание АСУ ТП являются достаточно трудоемкими и требуют больших капиталовложений. Поэтому правильный выбор последовательности разработки и развертывания является важным компонент оптимизации ТС МС в целом.

При обосновании правильной последовательности необходимо учитывать следующие факторы, как для системы в целом, так и для отдельных подсистем:

последовательность разработки и развертывания должна обеспечить выполнение всех сформулированных выше требований к АСУ ТП, и прежде всего – ее целостности и безопасности;

- стоимость (S) и трудоемкость (T) разработки и развертывания должны быть минимизированы, т.е. частные целевые функции  $\xi_1$  и  $\xi_2$  имеют вид  $\xi_1(S)$  и  $\xi_2(T)$ ;
- срок окупаемости капиталовложений (K) также должен быть минимизирован; целевая функция имеет вид  $\xi_3(K)$ .

Таким образом, обобщенная целевая функция определяется выражением

$$\xi = \xi(\xi_1, \xi_2, \xi_3) \quad (6.26)$$

Исходя из этих соображений, наиболее целесообразной представляется следующая последовательность разработки АСУ ТП:

1. Разработка начинается с создания СУБД и СБ. Первая обеспечивает целостность АСУ ТП, вторая – удовлетворяет условию безопасного хранения данных. Их совершенствование происходит на всем протяжении периода создания АСУ ТП.

2. Параллельно создается сравнительно простая автономная инженерная подсистема. Она не требует большого времени на разработку и обучение, может быть сразу введена в эксплуатацию, немедленно начнет окупаться.

3. Затем разрабатывается НТС. Результаты системно-структурного анализа ТС МС, а также рекомендации по совершенствованию ее структуры, используются для уточнения функций и состава подсистем АСУ ТП.

4. Системы управления фирмой и ресурсами, как тесно связанные между собой, создаются параллельно.

5. Цикл разработки и развертывания завершается вводом в действие СВС.

Те же соображения по оптимизации могут быть применены и для определения последовательности разработки программного обеспечения каждой из подсистем. Они обуславливают вполне определенную последовательность действий, которую рассмотрим на примере инженерной подсистемы.

1. Устанавливается операционная система (ОС), которая имеет стандартные средства защиты (пароли и т.д.). Выше было обосновано, что в качестве такой ОС может использоваться Windows XP.

2. Устанавливаются другие средства безопасности – антивирусы, криптозащита и т.д.

3. Адаптируется и устанавливается существующее программное обеспечение (ПО), соответствующее функциям системы (утилиты и т.д.).

4. Разрабатывается специальное программное обеспечение – инженерные расчеты, БД, справочная и обучающая системы. Проводится его тестирование.

5. Устанавливается ПО, обеспечивающее связь с другими компонентами АСУ ТП.

6. Производится обучение персонала.

7. Система вводится в эксплуатацию.

## Глава 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭС И ТС

Существуют развитые методики организации рабочего места [203,247, 253,286], производственной среды [220,221,229,237], отдельных технологических систем [], стоимостной оценки эффективности [40,72,176]. Учет интуитивных аспектов операторской деятельности, способов влияния на психоэмоциональное состояние оператора, соответствующих форм кодирования так, как это предусматривает разработанная в предыдущем разделе концепция ИСВИ, - вот то новое, что предстоит внесен в практику проектирования ЭС. С другой стороны, надлежит оптимизировать сам процесс проектирования ЭС и ТС, уделив внимание: сбору и анализу предыдущей информации; генерации вариантов решений; оценке и выбору оптимального решения; документированию; проведению экспертизы. Некоторые из этих операций имеют развитые способы автоматизации. Наименее формализованными и наиболее творческими остаются генерация вариантов, многокритериальная оптимизация, экспертиза окончательного решения. Они будут рассмотрены в первую очередь. Положительный эффект может быть достигнут, если удастся ограничить число анализируемых вариантов, сохранив потенциально самые лучшие (сокращение потребности в ресурсах и времени), и теоретически обосновать, что избранное решение действительно является самым лучшим (сокращение числа экспериментов). Для этого необходимо решить задачи:

- формализации цели проектирования и оценки разнородных показателей;
- эвристического поиска вариантов решений;
- сравнения вариантов;
- экспертизы конечного решения.

При этом средством верификации является сравнение с данными исследований, существующими методиками и нормативами, образцами-аналогами.

### 7.1. Проектирование как формирования объектной модели ЭС

Необходимым является «психологический» взгляд на процесс проектирования, а именно.

Творческие аспекты проектирования рассматриваются как акт интуитивного конструирования, т.е. установления тернарной связки между субъектом и объектом проектирования. Сп понимается как граница, формирование которой предопределяет выделение проектированного О; в ходе самоорганизации объект приобретает все больше развитые наборы характеристик. В силу двойственности Сп является не только аппаратом ТС, но и моделью С и О: Сп является целостным, а имеющиеся в его составе согласованные  $Сп^+$  и  $Сп^-$  рассматри-

ваются, согласно (5.1-5.4), как человеческий и машинный компоненты ЭС. Поэтому его структура соответствует схеме ЭС (рис. 5.4) и является ее моделью.

Таким образом, проектирование является интуитивным формированием  $Sp$  и «созданием» его объектной половины - оборудования ЭС - исходя из целостности  $Sp$  и их собственной упорядоченности в рамках  $Sp$ , что выражается схемой:

$$\begin{array}{ccc}
 & \begin{array}{c} \text{---} \{OM\} \\ \downarrow \\ \uparrow \end{array} & \\
 B \rightarrow (C \rightarrow Cn \rightarrow O) & & \\
 & \begin{array}{c} \downarrow \uparrow \\ \text{---} Ц, \\ \uparrow \end{array} & 
 \end{array} \tag{7.1}$$

где Ц - цель проектирования.

Влияние проектируемого, а не уже существующего  $O$ , на формирование  $Sp$  осуществляется через посредство  $OM$ , а также изменений  $C$ . Документированные результаты этого процесса проявляются в виде инвариантов и калибровок  $Bm$  и  $OM Sp$ .

Каждый из этапов проектирования, по преобладающим особенностям, может быть сопоставлен с восприятием, распознаванием, принятием решения и управлением. Но и взятый сам по себе, включает те же акты, которые позволяет использовать МЧС и прочие модели для исследования процесса проектирования.

Операции проектирования. Последовательность и взаимосвязь главных этапов проектирования представлена на рис. 7.1. Кратко прокомментируем ее особенности.

Блок-схема описывает последовательность решения геометрических задач компоновки, определения размеров, управление состоянием оператора, оптимизация информобмена и т.п., но не операций расчета теплофизических, энергетических и других характеристик, конструирования и технологической подготовки производства.

1. Целью сбора и следующего анализа информации является представление ее в виде, удобном для интуитивного конструирования, а также определение данных для осуществления необходимых калибровок. Формируется первичная  $OM$ . Техника ее использования рассматривалась во второй главе.

2. Главным способом генерации вариантов компоновки является интуитивное конструирование, как последовательность актов интуитивного восприятия, распознавание и формирование одного или нескольких целостных образов. Упорядочивается этот процесс с помощью РС- диаграмм, соответствующих сценариям (5.1-5.4). Сказанное не исключает других обоснований компоновочных схем - действий по аналогии с существующими образцами, личного опыта проектировщика и т.д. Инвариантами являются сценарии самоорганизации,

объектными моделями - С- графы и РС- диаграммы, которые позволяют выразить распределение и принадлежность компонентов слоям Сп.

Подготовка и представление исходных данных

Генерация вариантов компоновки

Оптимизация компоновки (выбор схемы, определение весов, расчет ЦФ, выбор варианта)

Проверка по техническим условиям

Определение пропорций единиц компоновки (расчет потенциалов, вычисление ЦФ, выбор варианта)

Определение размеров (калибровка, расчет, выбор решения)

Проверка по антропометрическим данным

Средства управления состоянием оператора (дизайн пульта и среды, движения, усилия, внешние влияния)

Проверка по нормативным требованиям

Оптимизация информобмена (определение кодов, символов, цветов, подсказок, темпа, действий управления, ЦФ)

Проверка по времени фиксации и подсобных действий

Документирование, изготовление макетов и образцов

Натурные измерения и эксперименты

Проверка по данным измерений

Рекомендации по подготовке операторов

Экспертная оценка

Проверка по результатам оценки

Конец

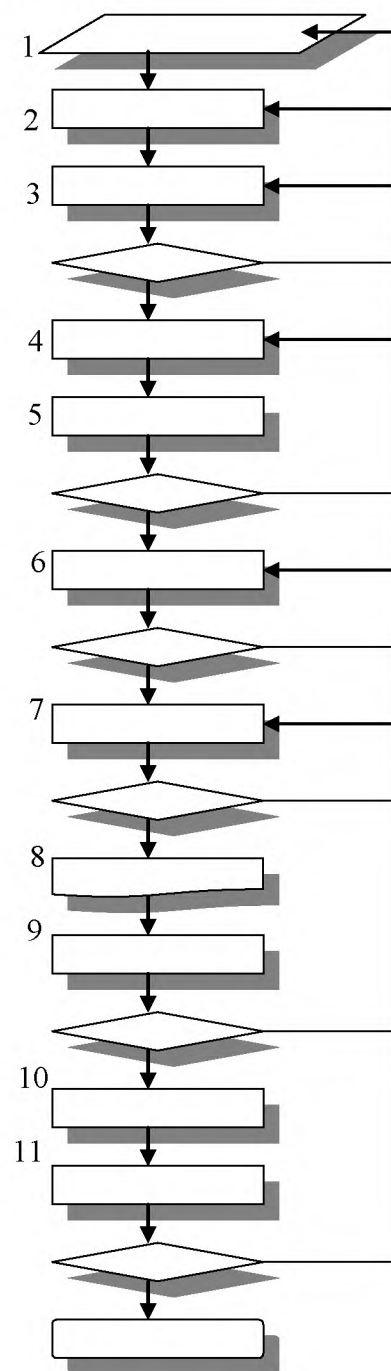


Рис. 7.1. Последовательность проектирования ЭС

3. Целью оптимизации является удовлетворение условиям целостности. Весовые коэффициенты определяются в отдельности для каждого слоя. Целевая функция выражает отклонения от топологических условий целостности. Инварианты и модели такие же, как и для блока 2.

4. Продолжается отбор вариантов, исходя из результатов проверки на выполнение условий целостности и соответствия с расчетным распределением потенциалов. Целевые функции (ЦФ), свои для каждого слоя, выражают отклонения фактического распределения потенциалов от условий целостности. Отно-

сительные размеры зон размещения и элементов определяются по величине потенциалов.

5. Определение абсолютных величин интерпретируется как серия калибровок относительных размеров элементов и зон размещения по антропометрическим данным, условиями надежного восприятия и т.п. Отобранные варианты проверяются за требованиями техника безопасности. ЦФ выражают отклонения фактических размеров от расчетных. Исходная модель выражает абсолютные размеры компонентов.

Блоки 3-5 сопоставляются с принятием решения и моделируются на основе МРР. Они завершают первый цикл проверок субъективных ( $S_p^+$ ) моделей по объективным ( $S_p^-$ ) критериями. Поскольку условия целостности определяются для геометрических форм, они отвечают 4-у уровню организации и при сопоставлении с другими характеристиками должны умножаться на соответствующий коэффициент.

6. Управление состоянием оператора включает комплекс мероприятий, направленных на компенсацию эмоциогенных факторов, поддержку активности нервной системы и обеспечения комфортных условий по температуре, вибрациям, и тому подобное. Применяются разные ОМ, МВ и МРР. При сравнении имеют учитываться весовые коэффициенты. Условия целостности проверяются для 5-8 уровней организации. Результирующая ОМ представляется в виде чертежей, пояснительных записок и макетов.

7-8. Оптимизация информационного обмена преследует цель его сокращения и приведения формы сообщений в удобную для обработки форму, а действий управления - в соответствие с интуитивно обусловленными реакциями и рефлексам. Применяются МВ и МУ; в результирующих ОМ возрастает доля натуральных моделей.

9-10. Целями натуральных измерений являются:

- проверка правильности действий оператора при условиях ограничений по времени;
- выработка рекомендаций по улучшению подготовки операторов;
- сравнение эксплуатационных показателей с существующими образцами.

По результатам возможна коррекция проектных решений.

9-й и 10-й блоки продолжают цикл проверок моделей по объективным показателями. Разработка завершается изготовлением промышленного образца.

11. Проводится экспертная оценка эргономичности системы.

Стоимостная оценка ( $S$ ). Расчет экономической эффективности ЭС является сложной задачей; он включает: определение эффективности усовершенствований технических компонентов [176] и производственной среды [72], а также инженерно-психологических мероприятий [247,с.148-165]. Введем упрощенную оценку [126]:

$$S = S_s + S_e(t) + S_a(t), \quad (7.2)$$

где  $S_s$  - стоимость системы, включающая затраты на проектирование и

изготовление оборудования, а также обучение операторов;  
 $S_e(t)$  - эксплуатационные затраты за время  $t$ ;  
 $S_a(t)$  - затраты на ликвидацию последствий аварий, при  
 естественном условии

$$t \leq T, \quad (7.3)$$

где  $T$  - период эксплуатации системы.

В свою очередь, затраты на проектирование  $S_p$  включают

$$S_p = s_1 + s_2 + s_3 + s_4, \quad (7.4)$$

где  $s_1$  - зарплата проектировщиков за время проектирования ЭС;  
 $s_2$  - затраты на материалы и оборудование;  
 $s_3$  - стоимость натуральных экспериментов;  
 $s_4$  - другие (накладные и т.д.) затраты.

Затраты на обучение составляют: стоимость разработки технологий подготовки, расходы на оборудование, зарплату персонала. Необходимо учитывать также плановые и непредвиденные эксплуатационные затраты и средства на ликвидацию последствий аварий. Как видим, ряд статей расходов носит предположительный или вероятностный характер; возможны также непоправимые потери, например, при катастрофах, которые повлекли человеческие жертвы. Отсюда следует, что полная стоимость может быть подсчитана лишь в тех случаях, когда есть массовый и завершённый опыт эксплуатации. Также не всегда может быть определена мера экономической эффективности, например, при создании систем, которые наделены уникальными характеристиками.

Поэтому стоимостные оценки целесообразно применять относительно существующих образцов, к отдельным компонентам, при сравнении вариантов одной системы, где оценки опираются на тождественные методики. Для систем со схожими эксплуатационными характеристиками и равной степенью безопасности, имеем простую формулу

$$\Delta_1 = \Delta_s + \Delta_e, \quad (7.5)$$

где  $\Delta_1$  - разность стоимости сравниваемых систем, что включает:

$\Delta_s$  - разность в стоимости оборудования и

$\Delta_e$  - разность в стоимости эксплуатации.

Сбор и классификация предпроектной информации. Как отмечается в [4,56,286], поиск предварительной информации о проектируемой системе является самостоятельной задачей, решение которой требует разработки специальных методик [4,5,100]. Особые затруднения вызывает «вытягивание» информации из операторов и других специалистов [56]. Некоторые стороны этого рассматриваются в 8-й главе.



В то же время, хорошо подготовленная информация уменьшает общую трудоемкость проектирования. Поэтому в [137,с. 78-79] были детально охарактеризованы источники информации и сведения, которые подлежат выяснению. Поэтому ограничимся конкретным примером.

**Задача 7.1.** *Определение данных для проектирования пульты криогенной топливной системы (КТС).*

*Постановка.* Разработка осуществлялась в походе НИР «Эргономические рекомендации к конструкторской документации по размещению и эксплуатации ПНК и КТС изделия ТУ-156» №328-Х93. Необходимо было повысить безопасность, сократить размеры, уменьшить количество операторов. Не должны были изменяться решение по организации управления системой. Ввиду большого объема и разнородности задействованных данных была необходима их предварительная обработка.

*Решение.*

1. Источника и сбор информации. Использовались:

- проектная задача;
- образец-аналог (решение 1989 г., рис. 7.2 и разделы пояснительной записки «Работа двигателя НК-89 на авиационном метановом топливе»);
- данные отчетов о планировке кабины и деятельность экипажа, включая результаты опрашивания испытателей КТС;
- нормативные документы и специальная литература.

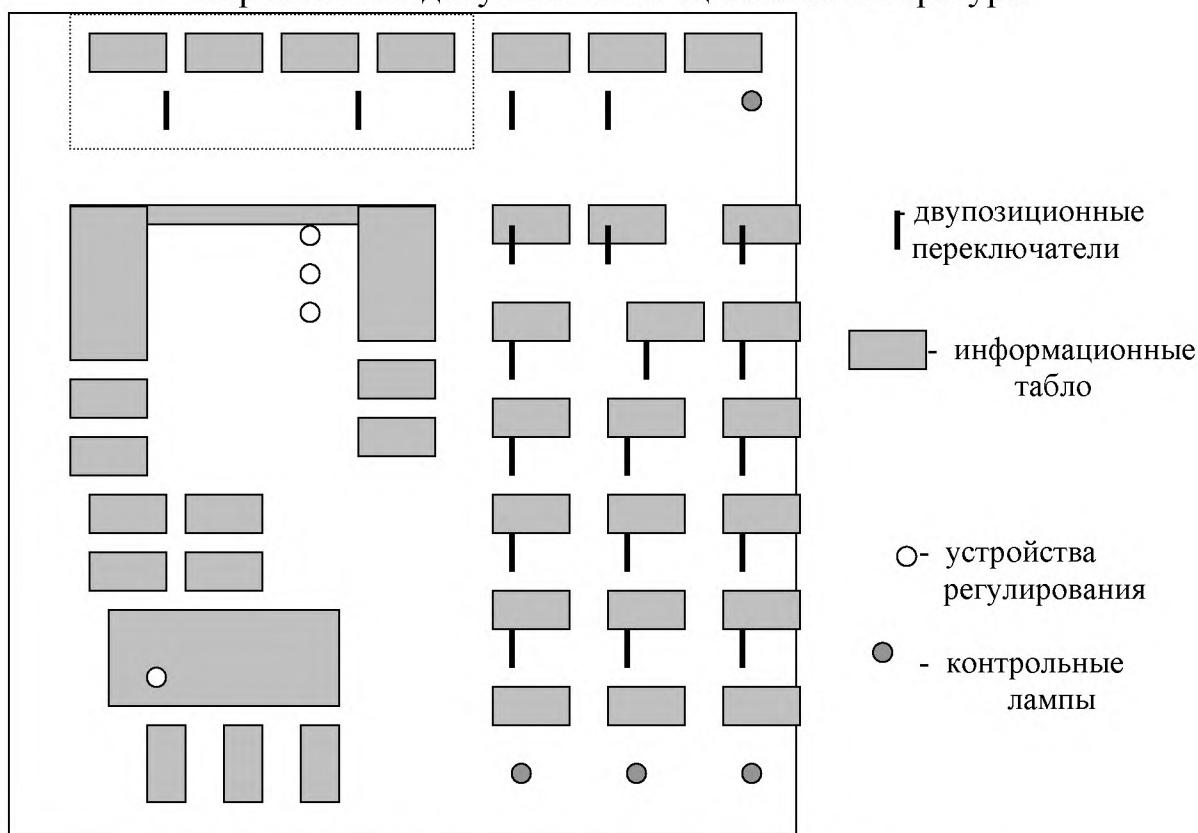


Рис. 7.2. Исходное решение пульты КТС

2. Состав данных. Собирались информация о: компоновке кабины и организации системы управления; последовательности работы КТС и сообщениях,

которые выдаются СУ; автоматических и автоматизированных операциях; параметрах информационного обмена; критических и аварийных ситуациях; действиях операторов КТС; ограничениях по технике безопасности и эргономике; характеристиках применяемых органов управления.

Классификация и обработка собранных данных проводится в соответствии с порядком построения ОМ, то есть:

1. Выделяются сведения относительно взаимодействия системы с окружающей средой. Они используются для построения МЧС.

2. Выделяются данные относительно организации системы и компонентов. Дальнейшее группирование происходит по уровням организации. Например, сведения, которые характеризуют целостность, структурируются так: количество независимых подсистем и количество операторов - уровни 1 и 2; данные по операторам и оборудованию -  $Сп^+$  и  $Сп^-$ ; ОУ - уровень 5; СОИ - уровни 5-7 и т.д.

3. Устанавливаются соответствия между элементами, которые относятся к уровням  $Сп^+$  и  $Сп^-$  с одинаковыми номерами, например, количествами независимых подсистем и операторов (раздел 5); степенями свободы конечностей и движениями ОУ (раздел 6) и т.п. Они характеризуют совместимость компонентов.

4. Выделяются данные, которые качественно характеризуют процессы обмена между операторами и оборудованием ( $Сп^+$  и  $Сп^-$ ), внутри коллектива операторов, между различными системами оборудования. Дальнейшая градация проводится по уровням организации системы. Эти сведения используются при построении МВ, МРР и МУ.

5. Упорядочиваются количественные и динамические характеристики процессов обмена, также используемые при построении МВ, МРР, МУ.

6. Для каждой из групп добавляются данные, необходимые для калибровки (предельные допустимые значения характеристик, требования техники безопасности, и тому подобное).

7. Рекомендуется построить РС- диаграмму, показывающую принадлежность данных и групп, а также последовательность классификации.

8. При наличии образцов-аналогов проводится комплексный анализ их безопасности и эффективности и определяются критические зоны.

**Задача 7.2.** *Классификация и обработка предпроектных данных для КТС.*

*Постановка.* Необходимо классифицировать рассмотренные в задаче 7.1. данные и предоставить их в удобной для проектных действий формы.

1. Классификация данных. Группирование проводилось по таким номинациями:

1) сведения о взаимодействии СУ КТС с другими СУ воздушного судна, а также о разграничении обязанностей и информационного обмена внутри экипажа;

2) данные об организации и работе КТС:

- для операторов - распределение функций, характеристики восприятия, ограничение времени принятия решения, действия управления;

- для системы - режимы функционирования, операции, компоновка информационной подсистемы, состав и размеры информационных приборов и ОУ, формы сообщений, перемещение ОУ, применяемые материалы, ограничение за техника безопасности и иные ограничения;
- для СОИ - отображаемые параметры, форматы данных, коды, характеристики освещенности, подсвечивание, колористические решения.

2. Обработка информации. Выполнялись: построение информационной модели в виде диаграммы; построение графов, которое выражают последовательность технологических операций и выдач сообщений для каждого из режимов работы КТС (например, граф для режима заправки топлива показан на рис. 7.3); комплексная оценка безопасности каждого режима с целью выявления критических ситуаций.

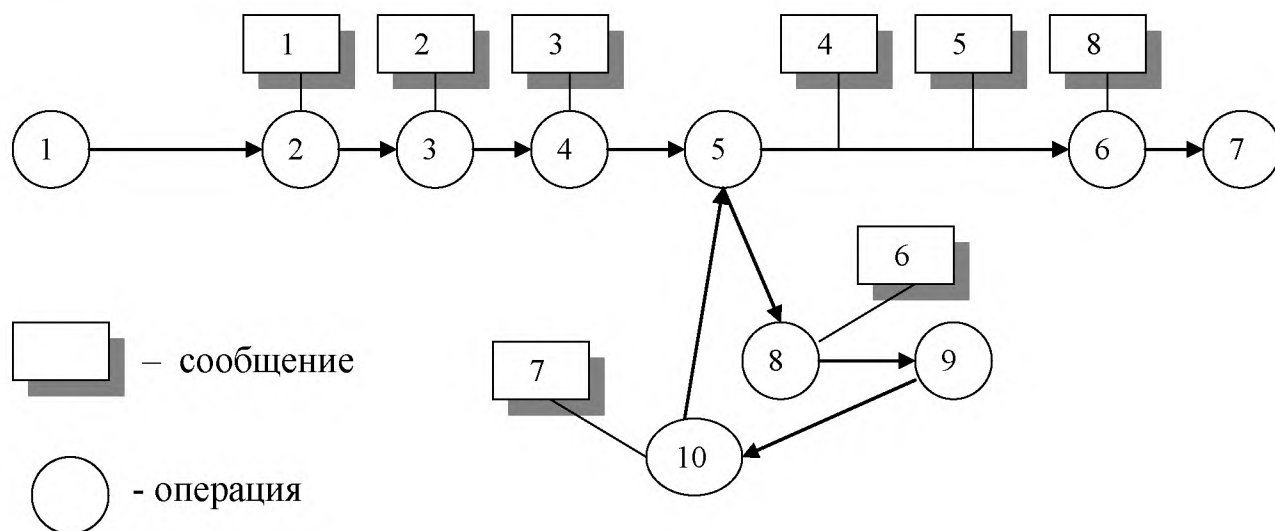


Рис. 7.3. Последовательность операций заправки топлива

*Комментарий.* Информация представлена в удобной для поиска проектных решений форме.

Завершением обработки информации является ее помещение в базу данных (БД), архитектура которой приспособленная для проектирования согласно блока-схемы на рис. 7.1. В свою очередь, разработка БД является первым этапом автоматизации.

**Задача 7.3.** Организация базы данных проектировщика ЭС.

*Постановка.* Предложим структуру БД, позволяющую представлять данные в виде, удобном для проектирования. Будем акцентировать внимание на общей идее представления данных.

*Решение.*

1. Структура базы данных показана на рис.7.4а. Программа управления должна обеспечить внесение, поиск, получение записей, реализацию ссылок, указаний, переходов и прав доступа. Данные о компонентах, элементы, операциях и взаимодействиях распределяются по ветвям, уровням и записям соот-

ветственно классификации, роли в процессе проектирования, последовательности операций так, как было описано выше. Устанавливаются соответствия между данными одного уровня, смежных уровней, уровней с одинаковыми номерами. Необходимой является возможность внесения и удаления уровней и записей, то есть БД должна быть открытой и способной к развитию.

2. Структура записи показана на рис.7.4б. Записи включают поля двух типов: поля индивидуальных имен, указаний, ссылок и зависящие от принадлежности к тому или другому уровню поля записи характеристик. Имя позволяет идентифицировать запись и определить ее тип (элемент, взаимодействие и т.п.). Указания определяют принадлежность компонента или взаимодействия к конкретному уровню или структуре, а также права доступа. Ссылки помогают обнаружить аналог компонента, если имеется существующий образец. Соответствия указывают на другие компоненты в границах слоев, с которыми связан компонент. Поля записи включают форматы для представления качественных характеристик, допустимых операций и взаимодействий, в зависимости от принадлежности компонента. Отдельно помещаются данные для калибровок. Форматы должны соответствовать цифровым, текстовым, символическим и графическим данным

3. Права допуска и поиск данных. Права допуска определяют возможность перехода ко всем полям записи компонента; от текущего компонента ко всем компонентам, на что имеются указания или соответствия; от текущего уровня ко всем предыдущим или последующим. Таким образом, реализуется последовательность расслоения-свертки, что исключает возможность использования избыточных данных, которое могло бы привести к погрешностям. Кроме того, разрешается вход в БД к любой ветви, уровню, компоненту, взаимодействию путем непосредственной введения его имени, указания, соответствия, ссылки. Это сокращает время поиска и позволяет получать доступ к информации, необходимой лишь для текущей стадии проектирования. Поиск данных осуществляется для всех уровней и записей ветви оператора, потом ветви оборудования, наконец, ветви взаимодействий, что сокращает необходимое время.

## **7.2. Совершенствование поиска и предварительного отбора вариантов**

Процедура должна одновременно обеспечивать: облегчение поиска новых идей и вариантов; сокращение количества анализируемых решений без трудоемкой процедуры их анализа; наличие наилучшего варианта в анализируемой выборке. Обычные приемы позволяют, как правило, достичь какой-либо одной из этих целей (в [137,с.83] это было показано для метода «мозгового штурма», некоторых способов эвристического поиска, полного перебора вариантов).

Рассмотрим преодоление этого ограничения с использованием ОМ.

Согласно с материалами 6.2 и 6.3, интуитивное восприятие и распознавание позволяет сформировать Сп соответственно целостной структуре объекта. Полученное знание 2-го рода объективно и может быть выражено с помощью

разнообразных ОМ, которые воспроизводят те или иные инварианты и калибровки. ОМ могут рассматриваться как стадии построения общей модели, на различных уровнях исследования и детализации. Процесс настройки, невозможный без устранения физиологических и психологических помех, гарантирует ликвидацию барьеров, блоков и стереотипов, которые мешают свободной реструктуризации Сп.

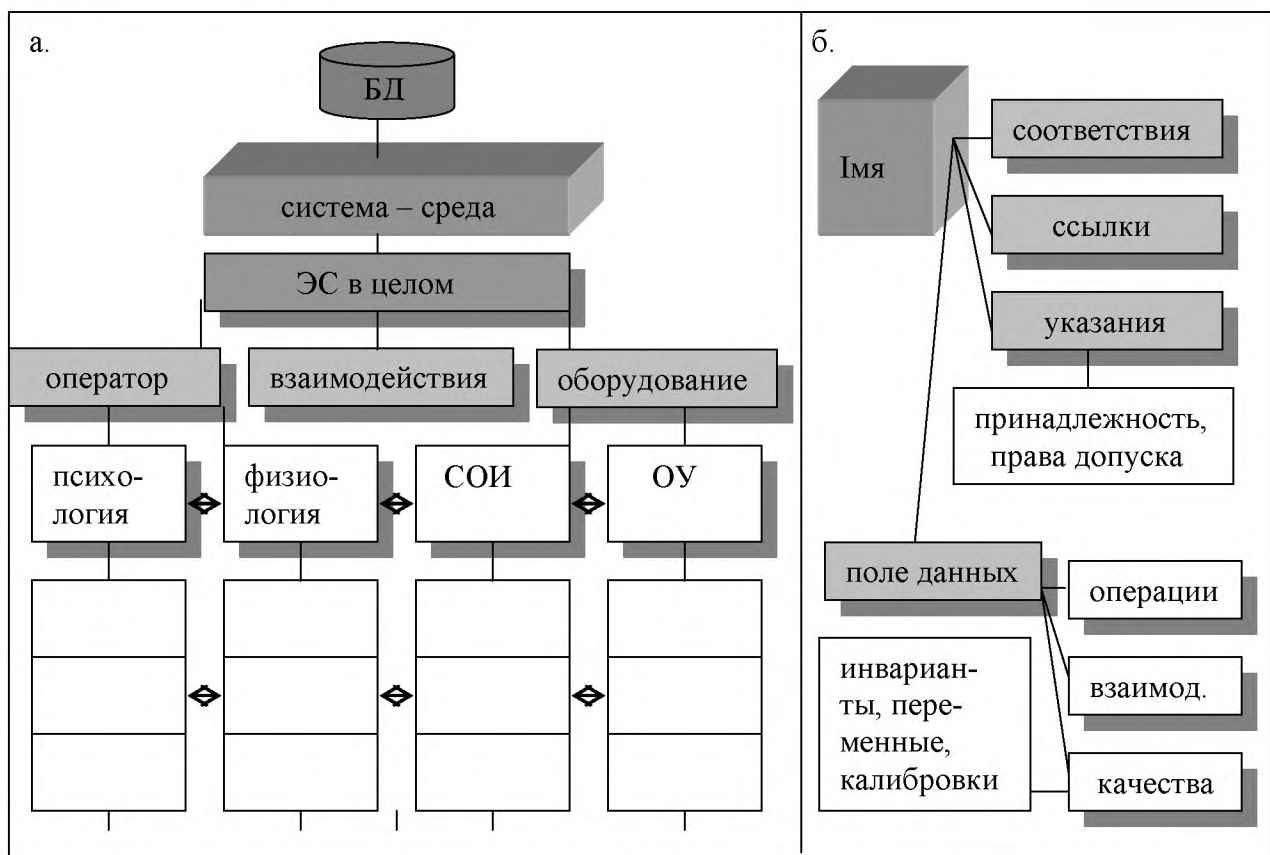


Рис. 7.4. Структура БД и отдельных записей

Когда интуитивное восприятие происходит под влиянием О, сформированное в процессе конструирования Сп, однозначно соответствует ему, и варианты возникают лишь на стадии построения моделей, вследствие ограниченности средств РС и Г- операторов, не обладающих возможностью отобразить одновременно все инварианты и калибровки. Количество вариантов определяется набором и детализацией моделей, увязывается с учтенными инвариантами и калибровками. В процессе проектирования влияние О должно имитироваться влиянием ОМ в ходе настройки и корректироваться сведениями, которые содержатся в БД. Поэтому варианты возникают уже на стадии интуитивного распознавания. Их количество определяется видом и степенью детализации ОМ и ее образа в памяти проектировщика, а также полнотой сведений, имеющихся в БД.

Поскольку Сп является целостным, возможное построение целостных ОМ. Их наличие позволяет исключить варианты, которые не удовлетворяют условиям целостности, еще больше сократив их количество. Самые лучшие варианты, как такие, которые удовлетворяет этим условиям, допускаются на следующие стадии. Далее, поскольку смыслом процесса разработки на этих стади-

ях является детализация и калибровка предварительной целостной ОМ, то ее характеристики являются условиями, которые ограничивают выбор возможных решений. Этим также достигается сокращение числа анализируемых вариантов. На всех стадиях соответствие решений условиям целостности служит универсальным критерием, который позволяет оценивать качество выдвинутых идей. Таким образом, выполняются условия «идеальной» технологии поиска вариантов. Последовательность формирования исходной ОМ представлен на рис. 7. 5а; последовательность стадий настройки, восприятие и распознавание, а также документирование - на рис. 7. 5б. Прокомментируем ее.

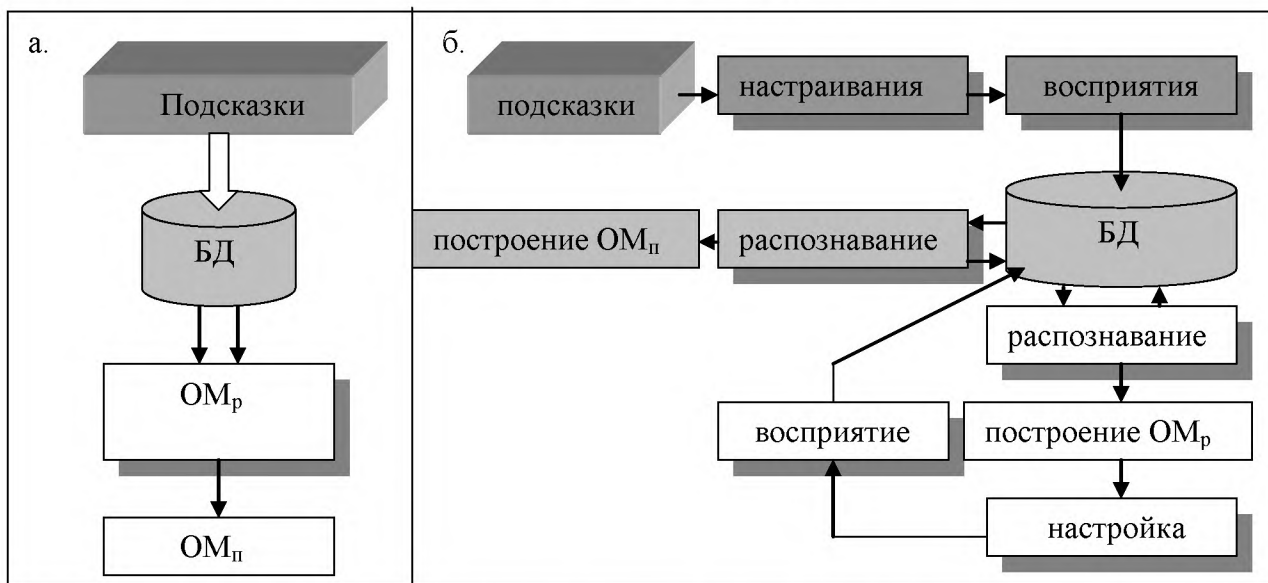


Рис. 7.5. Последовательность поиска вариантов проектного решения

1. *Использование БД и подсказок.* В качестве подсказок используются сценарии (5.1-5.4). С учетом различных форм компенсации потерь потенциала, возможно построение на их основе нескольких типов ОМ для настройки. В ходе интуитивного конструирования (параграф 2.4.), вырабатываются варианты самоорганизации Сп, с привлечением сведений из БД о взаимодействии со средой и о возможной организации системы. Построенная на стадии обработки исходных данных РС- диаграмма, которая описывает их структуру и связи, используется в тех же целях.

Отобранные варианты превращаются в памяти проектировщика в образы, наиболее пригодные для объективации, затем, посредством отображения в РС, - в рабочие объектные модели (ОМ<sub>р</sub> на рис. 7.5). Набор инвариантов и калибровок определяет выбор схемы РС. ОМ<sub>р</sub> строится в удобной для проектировщика форме (символы, пояснительные записки, РС- диаграммы, и тому подобное). Подсказки выступают в роли первичного способа настройки на интуитивное восприятие и для контроля целостности, а сведения в БД - в качества средства, позволяющего откорректировать варианты, которые генерируются в ходе интуитивного распознавания. Они интерпретируются как «материал» для формирования элементов аппарата тернарной связки, имитируя влияние О.

2. *Построение предварительной объектной модели (ОМ<sub>п</sub> на рис. 7.5)* проводится в той же последовательности, что и рабочей модели:

- для настройки используется  $O_m$ ;
- результаты интуитивного восприятия представляются в форме 32;

В ходе распознавание сведения из БД используются следующим образом. Все данные об ожидаемых соответствиях и обменах в проектируемой системе «раскладываются по полочкам», обусловленным их качественными различиями. Это позволяет предварительно выяснить степень детализации, то есть количество уровней организации и элементов ОМ, и установить соответствия между слоями. С-граф (или РС-диаграмма), выражающая структуру данных, позволяет ускорить этот процесс.

К определению детализации следует подходить творчески. Можно, ради упрощения оценки, сознательно уменьшить число анализируемых уровней, а также набор качеств, ограничившись, например, построением только структурной схемы нескольких первых уровней. В этом случае необходимо быть уверенным, что отброшенные качества имеют небольшие весовые коэффициенты, не влияющие на основные проектные решения.

При необходимости выполняется коррекция оцениваемых вариантов;

- образы превращаются в удобную для объективизации форму;
- проводится построение  $O_{m_1}$  и документирование отобранных вариантов (эскизы, чертежи и другие документы, интерпретация которых по возможности однозначна).

Следовательно, в отличие от первой стадии, главное внимание уделяется определению степени развитости организации проектируемой системы, а также отработке системных связей. Условия целостности имеют «локальный» характер.

Автоматизация построения  $O_{m_1}$ . Несмотря на неформализованность акта интуитивного конструирования, использование способов автоматизации может предоставить важную помощь в ускорении процесса построения  $O_{m_1}$ . Перечислим компоненты САПР:

- 1). Средства доступа к БД;
- 2). Способы визуализации подсказок и управления ими (детализация, свертка, модификация, запоминание, помещение в БД);
- 3). Графические способы (отображение символов, графов, диаграмм, схем, эскизов, чертежей, формул и текстов, а также получение их твердых копий).

Рассмотрим пример генерации и отбора вариантов, а также построения предварительных объектных моделей для разработки пульта КТС.

**Задача 7.4.** Поиск схемы компоновки пульта КТС.

*Постановка.* С целью оптимизации исходного пульта управления КТС, в том числе сокращения количества операторов с двух до одного, необходимо определить схему компоновки и степень ее детализации.

*Решение.*

1. Поскольку необходимо разработать пульт для одного оператора, то в качества подсказывания целесообразно использовать (5.4) или (5.5).

2. Из перечисленных в задачах 7.1-7. 2 данных вначале используются только общие сведения.

3. В ходе интуитивного восприятия принимаются решения о:

- степени интеграции системы (возможно применение как целостной, так и коинцидентной схем; принимается последняя);
- размерность схемы компоновки (достаточно размерности 2);
- форме представления схемы (С- граф -  $O_{m_p}$ ). Группирование органов управления должно быть симметричным компоновке информационных приборов, то есть содержать равное количество зон размещения и элементов.

4. Теперь необходимо принять решение о количестве уровней организации системы, а также количестве элементов в группах и взаимном соответствии групп и элементов. Это выполняется в такой последовательности:

- в качестве элемента настройки используется  $O_{m_p}$ ;
- полученные в ходе восприятия ограничения «накладываются» на построенные в ходе решения задачи 7.2 информационные модели и ориентированные графы последовательности операций и сообщений для различных режимов работы системы;
- в ходе распознавания определяются количества зон размещения, приборов и органов, необходимых для отображения сообщений и выполнения операций управления в последовательностях, соответствующих конкретным режимам;
- устанавливаются соответствия между зонами размещения, приборами и органами управления;
- определяются ориентация и направленность компоновки - сверху вниз и слева направо; развитие процессов должно соответствовать им;
- в качестве органов управления возможно использование устройств типа светового пера (см. задачу 6.6) или переключателей. Поскольку перо должно конструироваться специально, а переключатели выпускаются промышленностью, принимается решение о применении последних. Его правильность предстоит проверить при определении общих размеров пульта (не будет ли он слишком громоздким и будет ли соответствовать антропометрическим требованиям (рис. 5.6)), а также при оценке скорости действий оператора в критических ситуациях на следующих стадиях. Для отображения положений переключателей выделяется отдельный уровень организации. Отметим, что в качестве основного рассматривается только один вариант.

Следовательно, определена схема компоновки, степень ее детализации и необходимые равные организации. Установлены соответствия между приборами и органами. Окончательный вариант  $O_{m_n}$  с необходимыми пояснениями показанный на рис. 7.6.



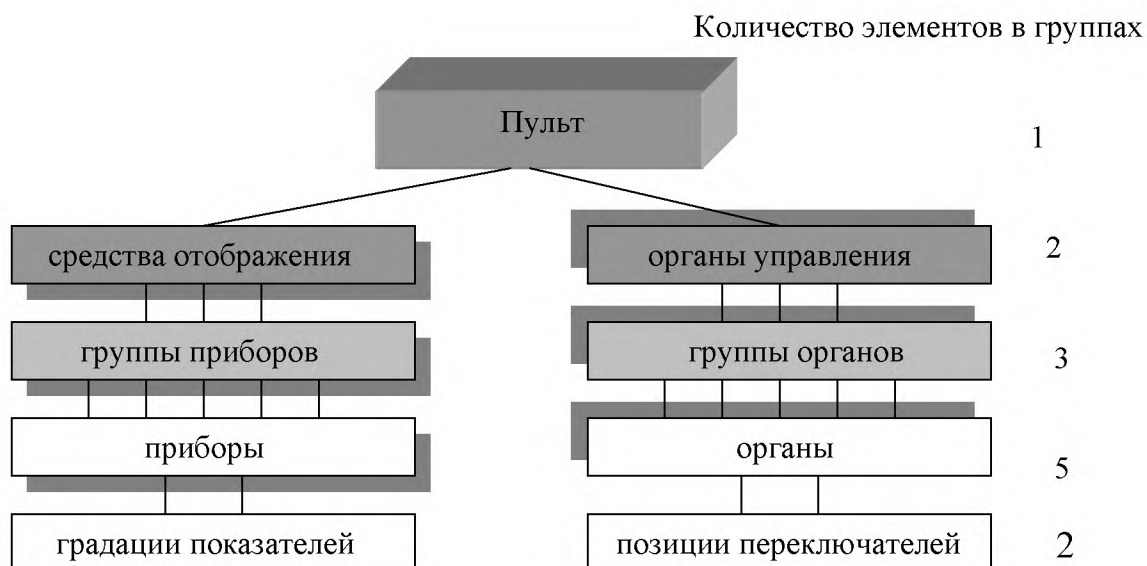


Рис. 7.6. Схема компоновки пульта КТС

*Комментарий.* В ходе проработки схемы была применена эвристика, которая устраняет необходимость решения переборной задачи. Принятый вариант соответствует условиям целостности, и можно предположить, что он и является оптимальным. Проверка его приемлемости будет сделанная на следующих стадиях. Отметим, что удалось достичь сокращения количества приборов и органов управления, в сравнении с исходным образцом с 53 до 17 единиц, что упрощает не только работу, но и технологию изготовления пультов данного вида.

### 7.3. Многокритериальная оптимизация ИСОИ

Общая стратегия оптимизации излагается на примере проектирования ИСЦИ, однако она применима и для других сложных систем, в частности, как будет показано далее, и ТС МС. Конкретизируем предложенную в первой главе стратегию, используя положения теории самоорганизации, средств формализации и результатов моделирования операторской деятельности.

1. *Определение организации.* Целью оптимизации является построение эффективной, надежной и качественной ЭС [64] посредством обеспечения совместимости ее компонентнов [71]. В соответствии с ГОСТом 16.035-81 и ДСТУ 2429-94, последняя оценивается по гигиеническим, антропометрическим, психофизиологическим, психологическим, биомеханическим, информационным и эстетическим показателям. Следовательно:

1) состав этих показателей для конкретной проектируемой системы предварительно определяет количество аргументов оптимизации  $x = \{x_i\}_{i=1}^n$ ;

2) проводится группирование  $x_{ii}$  по уровням МЧС, исходя из количественных и качественных характеристик слоев, рассмотренных в 6.1. Это позволяет определить количество стадий расслоений  $Сп$  и уточнить количество  $n$  аргументов, исходя из прогнозируемой для каждого из слоев. В соответствии с рекомендацией 6.14, ориентировочное количество стадий должно быть равным 5-7;

3) исходя из данных о прогнозируемом количестве операторов и подсистем (могут уточняться в процессе проектирования), а также степени обеспеченности совместимости как целостности или абор интеграции, определяется сценарий самоорганизации (5.1-5.5);

4) группы и порядки симетрий, а также размерность  $S_p$  визначаються из предварительных данных и уточняются в ходе самоорганизации;

5) распределение потенциалов и других характеристик рассчитывается по формулам, приведенным в главах 3, 5, 6, и выражается, с точностью до калибровочных инвариантов, в виде ОМ так, как это описано в главе 4. *Эта модель является формальным выражением цели оптимизации.*

Относительно ИСОИ, это означает:

А) в соответствии с выбранным на предыдущем этапе сценарием организации, стоятся  $ОМ_1$  или  $ОМ_2$ ; степень детализации определяется так, как показано в задачах 7.1, 7.2;

Б) согласно схеме компоновки (задачи 5.3, 5.6, 5.7, 7.4) и (5.1-5.5), определяются принципы размещения и группирования приборов и органов и рассчитывается распределение потенциалов;

В) исходя из расчетного распределения потенциалов, определяются формы, пропорции и относительные размеры компоновочных единиц (задача 5.4);

Г) определяются формы представления информации и действий управление, а также колористические решение, что позволяет должным образом влиять на состояние оператора (задачи 6.6, 6.7);

Д). Относительные размеры калибруются (задача 5.5) по нормативным значениям эргономических показателей [48,186,203,284,286,290,292].

2. *Определение ограничений.* Допустимые значения параметров должны находиться в пределах, при выходе за которые становится *невозможным эффективное функционирование ЭС*, то есть *необратимо нарушается ее целостность*. Это требование интерпретируется согласно положения 6.4, что дозволяет розрахувати пределы при неполных или неточных данных. Калибровка проводится, исходя из упомянутых нормативов.

3. *Определение целевых функций.* Необходимость согласования размеров, рассчитанных по разным показателям, приводит к изменению компоновочной схемы, а также форм и пропорций. Возникают разнообразные варианты компромиссов, *оценки которых формализуются как ЦФ, выражающие отклонения вариантов от цели проектирования.* Весовые коэффициенты отклонений принимаются пропорциональными относительным значениям потенциалов их уровней, т.е. аналогично (6.5-6.9). Необходимо также учитывать коэффициенты условий восприятия и приоритетности рецепторов. Наилучшим будет вариант, который минимально отклоняется вид цели.

Разным этапам проектирования ИСОИ соответствуют их собственные ЦФ.

*Оценка компоновочного решения.* Графы, отображающие определенные варианты компоновки (задача 7.4.), рассматриваются как *оптимальные схемы, которым должны количества и подчиненность приборов и органов управления.* В действительности такое размещение не всегда возможно. Это порождает до-

полнительные варианты, группируемые по каждому из основных С- графов. Мера отклонения от оптимальной компоновки  $\Phi_1$  равна:

$$\Phi_1 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |n_i - k_i|, \quad (7.6)$$

где  $m$  – номер последнего слоя;

$n$  и  $k$  – расчетное и фактическое количества элементов.

Наилучшему варианту соответствует минимальное значение  $\Phi_1$ . В аякст-  
ве безусловного ограничения принимается, в соответствии с рекомендацией  
6.16, максимальное количество приборов (органов) в группе не более 8.

Определение и оценка пропорций и размеров. Преследуется цель обеспе-  
чить целостность восприятия показателей приборов одной группы, а также со-  
ответствие их размеров антропометрическим параметрам и требованиям безо-  
пасности. Отсюда:

1) расчет пропорций зон размещения проводится в соответствии с их потен-  
циалами (задача 5.4). Потенциалы рассчитываются в условных единицах отно-  
сительно всей системы. 2) пропорции зон размещения, приборов и органов за-  
висят от ожидаемой геометрической формы та иррадиации при восприятии  
[234], т.е. за пропорциональные относительные значения следует принимать  
для:

- объектов протяженной формы (ширина в 8 или больше раз меньше длины) – линейные размеры;
- объектов эллиптической или круглой формы – величины площадей;
- прямоугольных (или близких к ним) объектов, не слишком различ-  
ных по отношению длины и ширины – величины площадей;
- совокупности объектов разной геометрической формы (из числа  
перечисленных) – размеры полей координации [299];
- объемных тел – размеры полей координации, подсчитанные так, как  
это делалось при решении задачи 6.3.

Кроме того, необходимо внести поправки [290,292] на:

- условия освещенности – при размещении компонентов в зонах раз-  
ной освещенности потенциалы умножаются на коэффициент  $s_1$ , вы-  
ражающий степень ее неоптимальности (рекомендуется  $s_1=0.8\div 1$ ,  
[44,280,с.186]);
- условия оптимальности восприятия – при невозможности размес-  
тить объекты в зоне наилучшего восприятия потенциалы умножа-  
ются на коэффициент  $s_2$  (рекомендуется  $s_2 = 0.8\div 1$ );
- окраску – при существенно разной окраске приборов и органов по-  
тенциалы умножаются на коэффициент  $s_3$ , выражающий относи-  
тельную яркость окраски (рекомендуется  $s_3 = 0.8\div 1$ ; подбор сочета-  
ний цветов описывается в [280,с.75,98], окраска приборов и органов  
в зависимости от функционального назначения – в [65,280,с.55]).

Отклонения от этих значений, взятые с соответствующими весовыми коэффициентами, определяют *меру неоптимальности пропорций*  $\Phi_2$ :

$$\Phi_2 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |s_{1i} \cdot s_{2i} \cdot s_{3i} \cdot \pi_{ni} - \pi_{ki}|, \quad (7.7)$$

где  $\pi_{ni}$  и  $\pi_{ki}$  – потенциалы для фактических и расчетных пропорций.

Наилучшему варианту соответствует минимальное значение  $\Phi_2$ .

3) фактические размеры определяются, исходя из калибровки по антропометрическим и биомеханическим характеристикам, требованиям техники безопасности, необходимой освещенности, центрального и наиболее четкого различения зрительных образов. Используются известные правила определения габаритов рабочего места, пульта, зон размещения приборов и рабочих органов, размеров отдельных знаков, с учетом уровней освещенности и яркости индикаторов [218,248, с.130-148,280,с.68-69,286,т.5-6].

4) при невозможности удовлетворить ограничениям проводится изменение системы пропорций или даже схемы компоновки, после чего весь цикл повторяется.

Оптимизация и оценка средств кодирования.

1) целью оптимизации информационного обмена является его приведение в соответствие с врожденными способностями оператора к группированию и эмоциональной оценке данных, а также интуитивно обусловленным реакциям на нарушение целостности, (глава 6).

2) средством достижения является реализация рекомендаций 6.20-6.26. Принимая во внимание, что лучше воспринимаются и вызывают более точную реакцию наибольшие отклонения элементов от целостной композиции, имеем такую *оценку средств кодирования*  $\Phi_3$ :

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |n_i - k_i| \cdot |s_{1i} \cdot s_{2i} \cdot s_{3i} \cdot \pi_{ni} - \pi_{ki}|, \quad (7.8)$$

где значения параметров и коэффициентов, а также их соответствие условиям определяются только для информационных символов.

*Наибольшее* значение  $\Phi_3$  соответствует наилучшему решению.

3) *безусловными ограничениями* являются условия восприятия, а также объем зрительной и оперативной памяти оператора. Кроме того, необходима проверка напряженности труда оператора в критических ситуациях по психофизиологическим тестам.

4. *Окончательная оценка* готового изделия описывается в 7.4.

**Примеры.**

**Задача 7.5.** *Комплексная оптимизация пульта КТС: размещения приборов и органов управления, определение размеров, совершенствование информационного обмена, нейтрализация эргономических факторов.*

*Постановка.* Необходимо, исходя из определенной на предыдущем этапе схемы компоновки (рис.7.6), завершить оптимизацию, учтя особенности, следующие из проектного задания:

- органы управления включают двопозиционные переключатели и кнопки пуска; такая организация определяется необходимостью дублирования подсказок;
- форма основных компоновочных единиц (табло, органы управления, зоны размещения) – прямоугольная, что позволяет принимать площади пропорциональными потенциалам, не внося дополнительных поправок;
- ручки настройки и индикаторы подсказок для переключателей не включаются в число компоновочных элементов.

*Решение.*

1. Последовательность отображения технологических процессов принимается следующей: слева направо – переход от двигателя 1 к двигателю 3 и от бака 1 к баку 2; сверху вниз – по ходу технологических операций.

2. Расположение зон размещения. Принято расположение: «зона информации», включающая: табло, устройства регулировки и переключатель управления авт./ручн., и «зона управления», что включающая: переключатели ДПУ 1, 2 и рода топлива 1-3, перекидные краны 1-3, насосы перекачки, объединенные в 3 блока по 2 элемента, индикаторы подсказок (рис.7.7). Согласно рекомендациям, в качестве устройства индикации использован цветной монитор.

Минимальные эргономические требования к монитору приведены в [286, т.5, глава 7].

На экране отображаются: панель состояния системы, 2 панели состояния баков, 3 панели двигателей (рис.7.8). Первая из них отображает символ режима работы, сообщает об аварии, выдает служебные сообщения, содержит диаграммы выполнения технологических процессов, включая информации об общем количестве операций, и текущей операции (рис.7.9). На панели баков высвечиваются диаграммы давления, заполнения бака и отсека, графемы подсказок (рис.7.10). Панель двигателя содержит диаграммы давления, температуры, оборотов и подсказки по регулировке топлива, перекидным кранам и насосам перекачки (рис.7.11).

В качестве индикаторов подсказок для зоны переключателей используются утопленные в пульт лампочки зеленого и красного цвета.

$$\text{Значение } \Phi_1 = 100 * |1-1| + 61 * |2-2| + 37 * |2*3-2*3| + 23 * |2*3*5 - (12+10)| = 184.$$

3. Определение пропорций и вычисление  $\Phi_2$  происходят, как и в задаче 5.4, исходя из расчетных для схемы компоновки значений потенциала; пропорции сторон пульта приняты 1:Ф. Результаты расчетов приведены на рис.7.7-7.11. Изменение пропорций в зонах размещения переключателей проведено для улучшения их информационной функции.

С учетом изменений,  $\Phi_2 = 100 * |1 * 0.62 - 1 * 0.62| + 61 * |1 * 0.622 - 1 * 0.62 * 1| + 37 * |(1 * 0.623 - (0.62 * (0.62 + 0.38 * 0.14)))| + 23 * |(1 * 0.624 - 15 * (0.16 * 0.040)) + 3 * (0.33 * 0.38 * 0.14 * 0.62)| + 2 * (0.31 * 0.382 * 0.14) + 0.14 * 0.383 + 0.5 * 0.62 * 0.38 * 0.1 = 22.77$ .

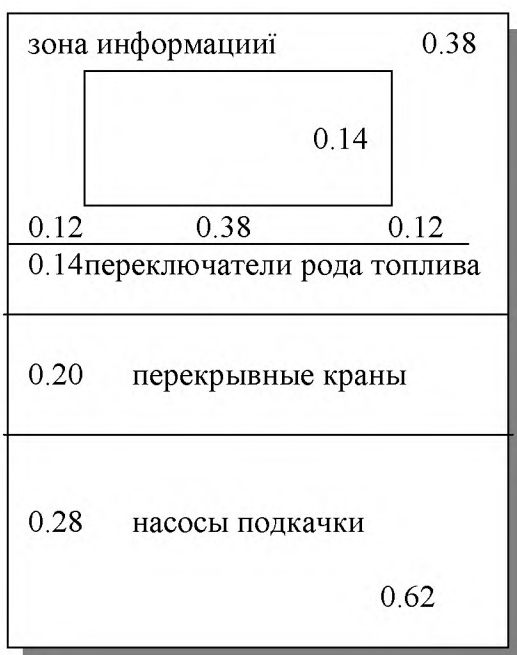


Рис.7.8. Информационное табло

Рис.7.7. Зоны размещения

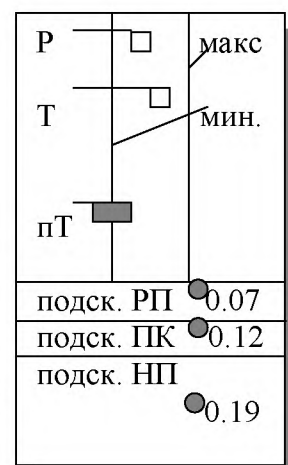
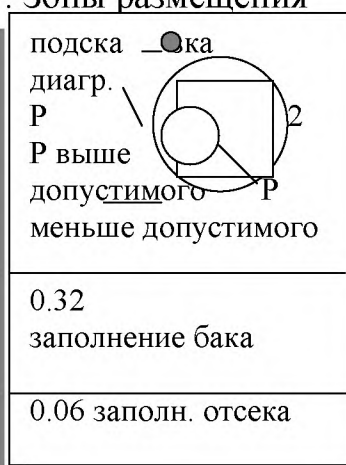
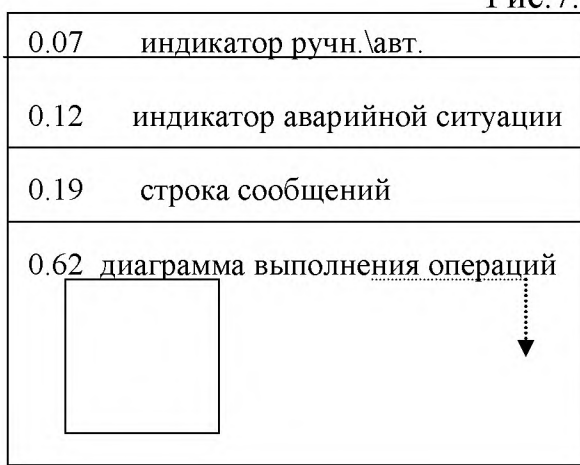


Рис. 7.9. Панель состояния системы

Рис.7.10. Панель бака

Рис.7.11. Панель двигателя

**4. Вычисление размеров.** Размеры зон, табло и пульта в целом рассчитываются так, как в задаче 5.5, исходя из возможности уверенного восприятия текстовых сообщений при необходимом уровне освещения и контрастности, а также максимальной длины сообщения [247,с.130-148;286,т.5,гл.5] и проверяются, исходя из ограничений общей компоновки рабочего места и техники безопасности. Согласно расчетов, высота табло равна 147 мм, ширина – 237, для пульта – соответственно, 382 мм и 617 мм. Эти габариты подходят по общим условиям компоновки [203]. Поверим, исключено ли ошибочное нажатие переключателя. При размерах переключателей 60\*15 мм, имеем:

- по ширине:  $(382-60*3-100)/2=51>25$  мм (25 мм – минимально допустимое, согласно [285, т.5, разд.8.4], расстояние между переключателями);
- по высоте:  $(382-15*4-20-30)/3=91>25$  мм, т.е. условия выполняются.

5. Проработка информационного обмена и вычисление  $\Phi_3$ . Обеспечиваются: компенсация ощущения опасности – за счет правильной окраски; упрощение управления – за счет «прозрачности» работы ИСОИ, выдачи только необходимой информации, а также действий управления, основанных на естественных реакциях на нарушение уравновешенности композиции, подсказок; поддержание необходимого уровня внимания – за счет отслеживания и отображения динамики операций. Конкретно это означает:

- использование двух режимов работы табло (подсветка только панелей баков и состояния или еще и двигателей);
- использование, помимо служебных сообщений, только диаграммной формы кодирования, причем выход контролируемых параметров за допустимые пределы сопровождается сменой цвета табло и повышением уровня контрастности, а также высвечиванием подсказок. Последние представляют собой, во-первых, темные круги, нарушающие равновесие композиции (их появление вызывает желание восстановить равновесие, т.е. готовность оператора к целенаправленному действию), и во-вторых, индикаторы переключателей, высвечивание которых подсказывает правильное действие и его место.

Окраска элементов пульта, в соответствии с влиянием цветов [280]:

поверхность пульта – в сине-зеленый цвет со смещением оттенка от верхних зон к нижним в сторону темно-синего цвета (синий цвет ассоциируется со сдержанностью, зеленый с безопасностью; смена оттенка преследует цель улучшить ориентацию);

- табло – в голубой цвет, более светлый для зоны баков и белее темный для двигателей (ассоциации – ясность, тишина) при штатном ходе операций и, соответственно, желтый и оранжевый (легкий, согревает, стимулирует, но ассоциируется с опасностью) при выходе за пределы штатного режима; светло-зеленый (нежность, жизнерадостность) – для панели состояния системы;
- сообщения: белый – для служебных сообщений и диаграммы выполнения операций; черный – для диаграмм изменения параметров в штатных пределах и кругов подсказок; красный – для индикации аварий и обозначения параметров, которые вышли за допустимые пределы. Этти цвета вызывают необходимые в данных ситуациях эмоции.

Окончательный вид пульта показан на рис.7.12. При  $s_1=s_2=s_3=1$ , значение  $\Phi_3=14*(2*|8-(8+2)|+3*|8-(8+6)|+1*|8-(8+1)|*(4*0.01*0.05)-0)=120$ .

*Комментарий.* Подчеркнем, что описанные решения не просто сокращают информационный обмен или меняют форму кодирования, но переводят рас-

познавание и принятие решения на подсознательный, интуитивный уровень и, одновременно, позволяют управлять психоэмоциональным состоянием оператора. Таким образом, значительно снижается опасность стресса (см. параграф 8.2.), и, соответственно, вероятность ошибок.

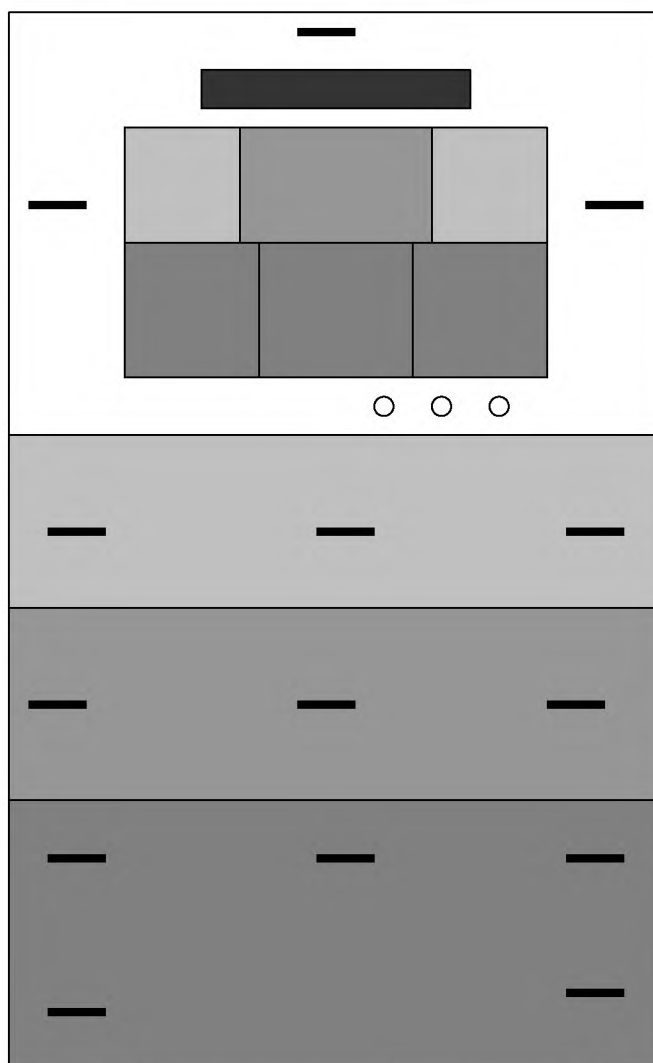


Рис. 7.12. конечательный вид пульта КТС

7.3.3. Автоматизация проектирования. Повторяемость операций, постоянная необходимость несложных, но монотонных действий, обуславливают потребность в автоматизации. Пакет программ, выполняющий такие действия, целесообразно рассматривать как компонент САПР ЭС. При создании такой подсистемы и работы в ходе проектирования предлагается использовать интерфейс, включающий нижеследующие компоненты.

*Палитра инструментов компоновки и ее меню.* Команды задаются мышкой или вводятся с клавиатуры; обязательными являются средства работы с внешними устройствами сети (для групповой разработки), а также с документами (устройства сканирования, оцифровки, печати, черчения для текстов и графических материалов). В табл. 7.1 показаны производимые операции и необходимые меню.

*Зона вычисляемых характеристик* отображает значения потенциалов, количеств элементов, а также других необходимых параметров и ЦФ, вычисляе-



мой по запросу в специальном меню палитры инструментов компоновки. Она включает текстовый комментарий, а также разнообразную «служебную» информацию – ссылки на документы БД, запросы к внешним устройствам и т.д.

**Таблица 7.1. Операции и меню**

№	Действие проектировщика	Название меню	Краткая характеристика действий системы
1.	выбор (генерация) сценария организации системы и его детализация	сценарий компоновки	отображение вариантов организации из БД и фиксация выбранных; набор характеристик; генерация и интерпретация кода
2.	выбор (генерация) ориентации	ориентация	фиксация фронтального, горизонтального или наклонного размещения; обработка действий проектировщика; генерация кода
3.	определение и коррекция зон размещения	зоны размещения	предложение схем компоновки; обработка действий проектировщика; генерация кода
4.	определение системы пропорций	пропорции	вычисление и коррекция согласно команд проектировщика пропорций зон размещения в соответствии с их потенциалами; вычисление $\Phi_1$ ; генерация кода
5.	определение размеров	размеры	вычисление и проверка по нормативам размеров табло и органов; определение $\Phi_2$ ; обработка действий проектировщика; генерация кода;
6.	окраска компонентов	окраска	обработка действий проектировщика; запоминание окончательного варианта; генерация кода
7.	уточнения размеров	размеры-2	обработка действий по внесению поправок на освещенность и иррадиацию; запоминание результата; генерация кода
8.	организация подсказок	подсказки	выполнение операций 3-7 для подсказок; вычисление $\Phi_3$ ; запоминание результата; генерация кода
9.	«служебные» операций:	сервис	выполнение «служебных» действий
	а. создание и модификация элементов компоновки и внесение их в БД		<ul style="list-style-type: none"> <li>• обработка действий а-г</li> <li>• контроль стадии проектирования - обеспечение доступа, возвратов, нарушений прав доступа и переходов</li> <li>• обработка обращений к внешним устройствам</li> <li>• обработка документов</li> </ul>
	б. обращения к БД и другим компонентам		
	в. обращения к внешним устройствам		
	г. документирование		

Зона компоновки содержит окно формы (отображает принятые проектировщиком решения) и окно программирования (отображает сгенерированный DELPHI и написанный проектировщиком код). В эту же область отображаются падающие меню палитры инструментов компоновки.

Пилот-пакет программ автоматизации проектирования ИСОИ СОМР-97. Целью разработки является демонстрация описанной выше технологии проектирования в несколько упрощенном виде так, чтобы ее можно было сравнить с традиционными подходами к проектированию ЭС. Поэтому целесообразно было сделать реализацию основных предложений и алгоритмов, также как и действий на каждом из этапов компоновки, как можно более «прозрачной». Конкретно, необходимо:

- написать программы, реализующие последовательность компоновки;
- разработать имитационную структуру базы данных;
- продемонстрировать справочную систему;
- усовершенствовать стандартные сервисные программы;
- показать средства разработки.

В качестве тестового примера использовался пульт управления КТС.

*Среда разработки и необходимые ресурсы.* Пакет создан в среде быстрой разработки Delphi. Поскольку необходимо было продемонстрировать и алгоритмы компоновки, и технологию автоматизации, пакет может работать в Delphi, засоби которого, в этом случае, используются для модификаций «на ходу», в процессе демонстрации. Если в этом нет необходимости, пакет запускается и функционирует как обычная программа в ОС Windows 98 и выше.

Для сохранения модулей (в форматах .dpr, .pas, .dfm, .res, .exe) необходимо 0.64 Мб памяти на жестком диске; для файлов базы данных – еще 1.3 Мб. Требования к оперативной памяти не являются критическими. Текстовые документы представляются как файлы .txt, графические – как .bmp.

*Структура пакета* показана на рис. 7.13. Отметим:

1. Для запуска пакета необходимо активизировать файл C\_DE.exe.
2. Начальным модулем пакета является программа Zast\_C\_DEM.
3. Последовательность компоновки реализуется модулями Orientation\_C, Scena\_C, Razmesche\_C, Propo\_C, Cveta\_C, Razme\_C.
4. Сервисными программами являются BD\_C, P\_dan\_C, Sohr\_C, Pech\_C, DV\_C, Spravka\_O\_C\_DEM.
5. Справочная система содержит информацию о программах и подсказки пользователю; текстовая и графическая информация, необходимая для компоновки, находится в БД, которая имитируется упорядоченной совокупностью каталогов и файлов.
6. Image Editor является доступным только в среде Delphi.
7. Архитектура пакета обеспечивает его открытость и возможности расширения.

Функции отдельных модулей следующие:

C\_DE – сохраняет данные о задействованных ресурсах и связях модулей пакета, а также начинает выполнение программ пакета.

Zast\_C\_DEM – обеспечивает выбор между режимами демонстрации, обращения к справочной системе; выход в Windows с освобождением ресурсов.

Orientation\_C – предлагает выбрать (или задать) ориентацию пульта, а также получить справку или обратиться к базе данных.

Scena\_C – реализует выбор сценария самоорганизации C- пространства. В данной версии обрабатывается только сценарий «один оператор – один пульт».

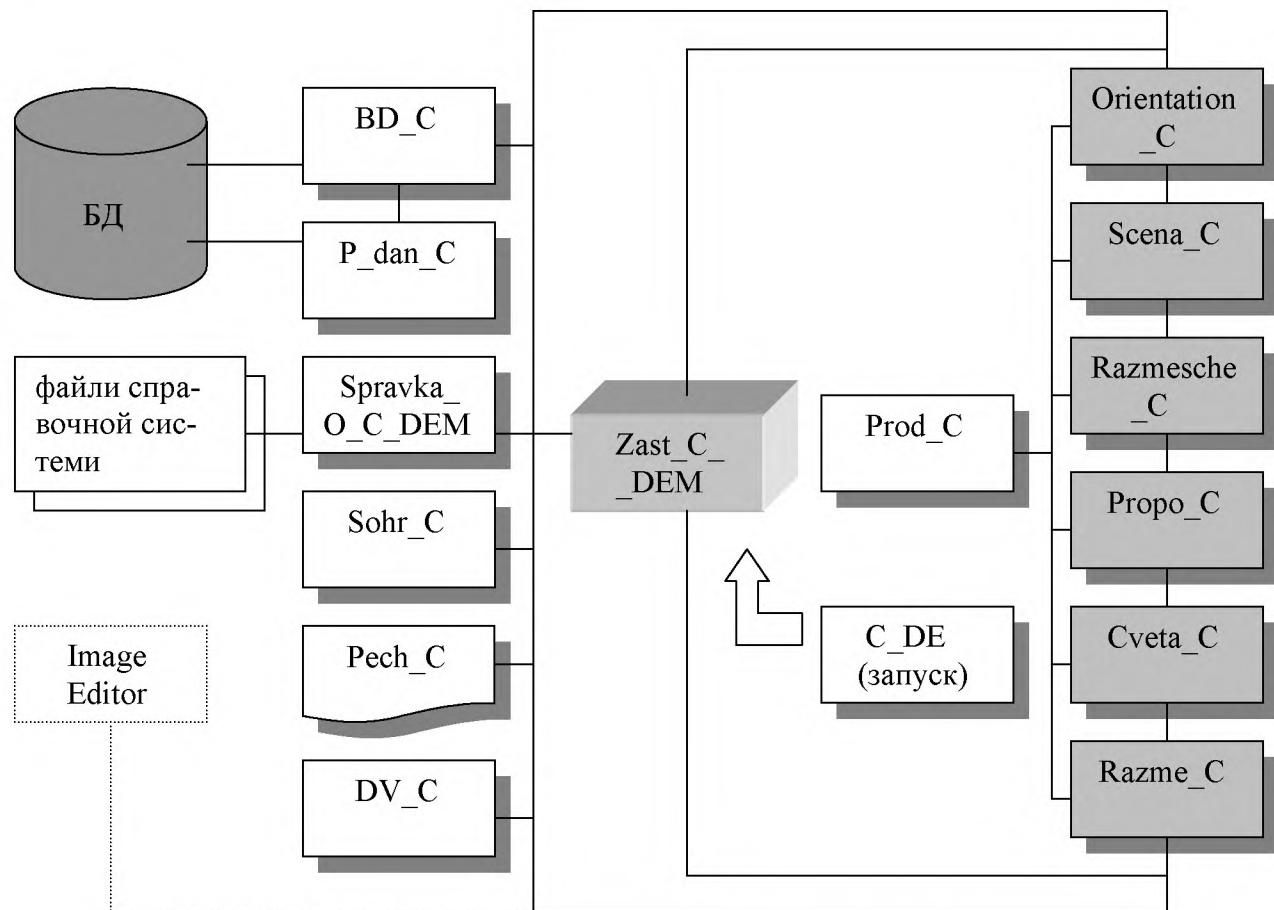


Рис. 7.13. Структура пакета COMP-97

Razmesche\_C – предоставляет возможность откорректировать схему компоновки пульта (определение количества элементов и их распределение по группам) в соответствии со сценарием самоорганизации. Выбранную схему можно сохранить, сравнить с аналогами базы данных, вывести на принтер. Вычисляется ЦФ, отображающая отклонения схемы схемы пользователя от оптимальной для данного варианта. Начиная с этого момента, возможно возвращение назад и изменение решений.

Propo\_C – помогает определить пропорции зон размещения и приборов (обращения к справкам и базе данных, загрузка подсказок, коррекция пропорций, вычисление целевой функции) и выполняет стандартные операции сохранения, печати, возвращения.

Cveta\_C – предоставляет возможность выбрать или изменить колористическое решение, подсказывая, как лучше воздействовать на состояние оператора, ознакомившись с решениями-аналогами, получить справку и выполнить стандартные операции сохранения, печати, возвращения.

Razme\_C – завершает компоновку пульта, помогая рассчитать размеры, (используются подсказки, сравнения с аналогами, средства коррекции). Возможны стандартные операции сохранения, печати, возвращения.

Prod\_C – переход к любой из стадий компоновки.

BD\_C – имитрует интерфейс базы данных, помогает найти необходимый материал, согласованный с текущей стадией компоновки.

P\_dan\_C – обеспечивает непосредственную работу с таким материалом, как текстовым, так и графическим (загрузка, просмотр, печать; внесение изменений запрещено).

Sohr\_C – посредством обращения к стандартным средствам Delphi организует сохранение результатов компоновки в выбранном месте.

Pech\_C – посредством средств Windows обеспечивает выбор принтера и установку параметров печати.

DV\_C – сообщает пользователю про отсутствие каких-либо возможностей в текущей версии и корректно завершает обработку команды.

Spravka\_O\_C\_DEM (фото B22, B23) – переход до довидковой системы.

*Работа с пакетом.* В среде Windows (или Windows + Delphi) активизируется любым способом C\_DE, после чего появляется заставка пакета. Необходимо выбрать один из режимов демонстрации:

- нажать кнопку «Начало демонстрации», после чего окна, соответствующие последовательным этапам компоновки, начнут появляться через определенные промежутки времени. Вся демонстрация длится около семи минут, после чего появляется надпись «Демонстрация окончена». Эту альтернативу целесообразно выбирать для предварительного ознакомления с интерфейсом и возможностями пакета;
- нажать кнопку «Ориентация» (или любую другую из этой группы) и перейти к соответствующему окну, самостоятельно переходя от одного пункта меню к другому. Эта альтернатива полезна для более детального исследования функций пакета.

Интерфейс пакета подобен интерфейсу любой другой программы «под Windows»; он интуитивно понятен для каждого пользователя этой ОС. Каждой из стадий компоновки соответствует отдельное окно, поделенное на три зоны: основного и падающих меню; функциональных кнопок; редактирования. Специальные сообщения указывают имя и расположение файла, результат вычисления целевой функции, и т.д. Изменение размеров окон осуществляется стандартным способом. Действия пользователя сводятся к переходу от одного окна к другому и выполнению представленных в меню операций. Пользователь может согласиться с предлагаемым ему решением, или откорректировать и сохранить его с помощью графического редактора Delphi.

Листинг программ и фотографии представлены в [дд].

#### **7.4. Оценка эргономичности**

Определение эргономичности (ГОСТы 23.5542-81, 29.06003-84, 29.08001-90) должно удовлетворять требованиям: *валидности* (наличие показателей, достоверных, независимо от типа ЭС, группирования операторов, режима работы, условий измерения, и т.д.), *минимального количества измерений, корреляции* психических, психофизиологических, объективных и субъективных показателей, лабораторных и натуральных измерений, *адекватного представления и обработки данных*.

Ни одна из нескольких десятков существующих на сегодняшний день методик не удовлетворяет одновременно всем перечисленным условиям.

Так, при непосредственном измерении показателей действий оператора с последующим построением взвешенного предметно-функционального графа и анализа его критических путей для разных режимов работы [253], хотя и достигается достоверность, но необходимо большое количество измерений. Выяснение корреляции с психофизиологическими показателями, уровнем мотиваций и т.д. также требует дополнительных исследований. Примером является

### **Задача 7.6.** Сравнение эргономичности вариантов пульты КТС.

*Постановка.* Покажем порядок построения взвешенного графа и возможности использования некоторых упрощенных оценок.

*Решение.*

1. Определение режимов работы оборудования и действий оператора. Исходя из проектной документации и описанного в параграфе 7.3 решения, имеем 8 режимов (заправки топлива, перехода на АМТ, 3 варианта остановки двигателя, слива топлива, насосного слива, аварийного дренажа). В ходе каждого из них используются: для исходного варианта – 3-10 и для предлагаемого – 3-5 действий управления.

2. Измерения. Для всех операций каждого из режимов определяется время перемещения глаза, фиксации, распознавания, принятия решения, перемещения конечностей, нажатия или поворота, а также вероятность ошибочных действий. Измерения выполняются для отобранных групп операторов 12-15 (минимально необходимое для получения статистически достоверных выборок количество). Общее их количество составит:  $8*7*7*(12\div 15)\approx 4800\div 6000$  и  $8*4*7*(12\div 15)\approx 2700\div 3400$  для исходного и предложенного вариантов.

3. Построение и анализ взвешенного графа предметно-функциональной деятельности оператора. Проведя статистическую обработку данных, получим, умножая вероятности ошибок на время выполнения операций и отображая перемещения как ребра, а события как вершины, взвешенный граф деятельности оператора. Судить об эффективности решений можно, выраженные в условных единицах длины путей. Поскольку для предложенного варианта количество операций и вероятность ошибок меньше, чем для исходного (за исключением времени нажатия и поворота, равных в обоих случаях), он и является лучшим. Дальнейший анализ сводится к сравнению критических путей, определению отдельных ребер максимальной длины и определению рекомендаций по улучшению деталей дизайна.

4. Использование упрощенных оценок. Как видно из пункта 3, качественный вывод о преимуществе того или иного варианта можно сделать проще. Если уменьшение количества приборов и операций не приводит к увеличению вероятности ошибок, целесообразно просто сравнить количества приборов и органов (53 и 17), или операций (56 и 32). При этом косвенно констатируется снижение информобиона. Можно конкретизировать, за счет чего достигается снижение, измерив отдельно время фиксации, или воспользовавшись справочными данными [120,с.24] (табл. 7.2), что засвидетельствует преимущество избранной формы кодирования.

Таблица 7.2. Продолжительность зрительной фиксации для СОИ КТС<sup>1</sup>

Режим	Исходный образец		Предложенный вариант	
	Количество фиксаций	время, с.	количество фиксаций	время, с.
Заправка АМТ	10	3	4	0.8
Переход на АМТ	9	2.5	4	0.8
Слив АМТ	5	1.5	3	0.6
...	...	...	...	...
Суммарный	27	7.9	14	2.8

Далее, для экспресс-оценки надежности и эффективности СОИ следует сравнить ее структуру с МВ и МЧС. Так, по формуле, аналогичной (7.6), сравнивая состав и веса задействованных в СОИ каналов восприятия с МВ и исходя из того, что надежной является система, где контролируются все каналы, получим соответствующую количественную оценку; мера эффективности может быть рассчитана по данным параграфа 6.4.

*Комментарий.* При необходимости дать рекомендации по улучшению конструкторских и дизайнерских решений, необходима «расшифровка» графов. После этого возможны отдельные, не системные рекомендации, относительный вес которых, а также привязка к таким качествам, как «целостность», «совместимость» и т.д., потребуют уточнения. Устранить эти недостатки, используя данные психофизиологических измерений также не всегда возможно, потому что дискуссионными остаются выбор валидных показателей, их взаимная корреляция и корреляция с условиями измерений.

Например, в [91] предлагается интегральный показатель, составленный по результатам 4 типов измерений, в [8,с.110] доказывается необходимость увеличения их количества до 6, в [142, с.9-26] утверждается, что достаточно использовать только биоплазмограмму. Возможен также выбор между общими и специализированными методиками.

Исходя из этого, для определения качества ЭС целесообразно использование метода экспертных оценок. Поскольку целостность ЭС визуально оценивается через соблюдение законов композиции и восприятия, оценки должны быть *эстетическими*, а их ранжирование должно соответствовать МЧС. В связи с этим отметим, что мысль, которую любил повторять О.К. Антонов, –

<sup>1</sup> Данные выборочные для некоторых режимов.

«Красивые самолеты летают хорошо, некрасивые – плохо» [15,с.473-476] – находит понимание в среде проектировщиков. Такие соображения были положены в основу разработки системы показателей эргономичности.

Система эстетических показателей на основе МЧС. Поскольку в процессе проектирования прорабатываются антропометрическая, биомеханическая и т.д. совместимости, согласно нормативам, целесообразно не включать в оценку их непосредственное измерение, рассматривая соблюдение норм как безусловное ограничение.

Эффект от использования эргономических рекомендаций, согласно [72,с.5], характеризуется *увеличением производительности труда* (табл. 7.3).

Таблица 7.3. Влияние эргономических мероприятий на прирост производительности

Фактор	Рост производительности, %
рационализация рабочей позы	5-25
рационализация рабочих движений	5-27
оптимизация температуры и влажности	1.5-25
уменьшение шума	5-10
улучшение освещенности	1.5-30
оптимизация цветового климата	2-15
повышение интереса к труду	3-25
снижение физических усилий	3-40
улучшение формы ручек	3-30
рационализация труда и отдыха	4-25
рационализация СУ	2-15
использование музыки	5-15

Эти данные следует оценивать, как ориентировочные, поскольку они отличаются значительной групповой и индивидуальной вариабельностью и расходятся с данными других источников [223,с.5].

Использование эстетических приемов при проектировании СОИ и ОУ приводит к уменьшению энтропии системы, сокращению времени перемещения глаз, фиксации и узнавания, а также времени принятия решения, перемещения конечностей и управляющих действий [286,т.5,гл.5-8,т.6].

Поскольку такая оценка является качественной и не позволяет проанализировать степень реализации потенциальных возможностей мероприятий, учитывать влияние эстетического фактора следует методом экспертных оценок, проводя ранжирование согласно МЧС. Таким образом, *обобщенная оценка эстетического должна составляться из групповых и единичных оценок соответствия реальных показателей прогнозированным на основе МЧС для каждого элемента, слоя и типа восприятия, взятых с весовыми коэффициентами, пропорциональными их потенциалам.*

*Описание, приоритетность и соответствие категорий. Тектоника* характеризует целостность ЭС, «прозрачность» ее работы (последовательность, прогнозируемость, «образность» хода технологических операций), выраженную в организации СОИ, и соответствие ОУ врожденным реакциям оператора, т.е.

оценивается степень *интуитивно воспринятой формы представления информации и ее смысла*. Приоритет наивысший; категория определена для всех уровней, начиная с первого.

*Структурированность* характеризует целостность восприятия оборудования, единство стиля, взаимосогласованность системы и элементов, образность, общность тональности, т.е. оценивается «выразительность» СОИ и ОУ на неструктурированном «фоне», способность привлекать и удерживать внимание, определять эмоциональный тонус оператора. Приоритет ниже; категория определена для второго и последующих уровней.

*Организованность объемно-планировочная* оценивает такие качества СОИ и ОУ, как уравнированность-неуравнированность, *наличие или отсутствие функциональной симметрии, статичность-динамичность*, т.е. степень гармонии основных функциональных структур оборудования, кодов, изменений параметров, перемещений органов. Она определена для третьего и следующих уровней; ее приоритет еще ниже.

*Организованность пространственная, временная, информационная* — характеризует, во-первых, *форму, пропорции, размеры, масштаб<sup>2</sup>, ритм, нюанс, метрические повторы* композиции элементов СОИ и ОУ, во-вторых, *последовательность, ритм, темп* работы приборов и органов управления, в третьих, *информацию, энтропию*, т.е. степень определенности СОИ и ОУ и *энергию* ответных действий оператора (связана с формой кодирования, масштабностью применяемых шкал, темпом работы). Таким образом, пространственно-временная и информационная организованность оценивают упорядоченность СОИ и ОУ на четвертом и последующих уровнях восприятия. Их приоритет ниже, чем предыдущих.

*Организованность рецепторная* — характеризует *свет, светотеневую пластику, цвет, тон, фактуру и текстуру материала, гармоничность цвето-звуковых ассоциаций (при использовании функциональной музыки)*. Таким образом, рецепторная организованность оценивает гармоничность тонких композиционных средств соответственно пятому уровню восприятия. Ее приоритет самый низкий. Отметим, что используемые здесь показатели обобщают оценки следующих уровней, что сделано во избежание чрезмерной детализации; при необходимости система может быть развита и дальше, на 6 и 7 уровни.

**Качественные и балльные оценки.** Обобщенными показателями являются: оценки тектоники и структурированности; групповыми — оценки организованности объемно- планировочной, пространственной, временной, информационной, рецепторной; единичными - оценки уравнированности-неуравнированности, функциональной симметрии- асимметрии, статичности-динамичности; формы, пропорций, размера, масштаба, ритма, нюанса, метрического повтора, последовательности, ритма работы, темпа, информации, энтропии, энергии; света, светотени, цвета, тона, фактуры, текстуры, цвето-

---

<sup>2</sup> Обязательно — по отношению к антропометрическим и биомеханическим показателям оператора.



звуковых ассоциаций. Распределение оценок на группы показателей производится отдельно для каждого из уровней.

Каждый из единичных показателей, в пределах своей группы и своего уровня, удобно оценивать качественно, сопоставляя таким оценкам определенные баллы, а именно:

- «очень плохо» — 1;
- «плохо» — 2;
- «удовлетворительно» — 3;
- «хорошо» — 4;
- «отлично» — 5.

Тем самым используется привычная и инвариантная для каждого слоя и показателя шкала оценок. Групповые показатели рассчитываются как среднеарифметические от суммы взвешенных единичных показателей, причем, вес каждого из них определяется экспертом. Возможно применение упрощенной оценки, когда групповые показатели определяются интегрально, а учет единичных показателей не производится.

Таким же образом оцениваются обобщенные показатели.

Далее производится обработка полученных оценок:

1. Оценки, данные экспертами для каждого из уровней, рассматриваются как случайные величины, образующие 5 выборок из  $n$  (по числу экспертов) элементов.
2. Для каждой из них рассчитываются:
  - математическое ожидание

(7.9)

\* выборочная дисперсия

$$D(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (7.10)$$

\* среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{D(x)} \quad (7.11)$$

В дальнейшем возможны два варианта использования полученных величин, в зависимости от квалификации экспертов:

а. Если производится только одна оценка (например, экспертами в процессе сертификации), используется только (3.9);

б. Если производится ряд последовательных оценок (например, операторами в ходе работы), используются (3.9-3.11) для проведения дисперсионного анализа и сравнения математических ожиданий с целью выявления влияния на оценки какого-либо фактора (привыкания, типа мышления и др. личностных

характеристик и т.п.). В этом случае предполагается, что сравниваемые величины подчинены нормальному закону распределения. Методы статистической обработки приведены в [62], примеры для задач эргономики — в [101].

3. Определяются взвешенные групповые и обобщенные оценки для каждого из слоев

$$(7.12)$$

где  $P_{\max}$  и  $P_{\min}$  — максимальные и минимальные баллы для каждого из слоев, определяемые из табл. 3. 4.

**Таблица 3. 4. Эстетические показатели эргономичности**

№	Показатели			Значения в баллах	
	обобщенные	групповые	единичные	min	max
1	тектоника			100	162
2	структурированность			62	99
3		организованность объемно-планировочная		38	61
			уравновешенность- неуравновешенность, функциональная симметрия- асимметрия, статичность- динамичность		
4		организованность пространственно-временная, информационная		24	37
			форма, пропорции, размеры, масштаб, ритм, нюанс, метрического повтор; последовательность, ритм работы, темп; информация, энтропия, энергия		
5		организованность рецепторная		15	23
			свет, светотень, цвет, тон, фактура, текстура, цвето- звуковые ассоциации		

4. Рассчитывается условная суммарная оценка эстетических показателей<sup>3</sup>:

<sup>3</sup> Согласно МЧС, оценки второго и последующего уровней представляют собой доли от оценки первого уровня; здесь они суммируются только ради большей наглядности.

$$X_s = \sum_{k=1}^5 X_k \quad (7.13)$$

Эта оценка определяет общее экспертное заключение:

239 < X<sub>s</sub> < 278 — «плохо»;

279 < X<sub>s</sub> < 334 — «удовлетворительно»;

334 < X<sub>s</sub> < 382 — «хорошо».

Для более точной оценки эстетики по каждому из уровней вводятся *оценка гармоничности показателей* и *оценка сбалансированности уровня*.

Оценка гармоничности показателей определяется для каждого из уровней путем сравнения X с расчетным значением оценки, исходя из X<sub>s</sub>

$$X_{sk} = X_s \cdot \Phi^{k-1} \quad (7.14)$$

Отклонение X в меньшую сторону говорит о том, что решение для данного уровня должно быть улучшено.

Оценка сбалансированности уровня определяется путем сравнения единичных оценок для каждой из групп со значением групповой оценки. Отклонение в меньшую сторону показывает, что решение должно быть улучшено.

**Процедура оценки.** При назначении экспертов следует выделять следующие группы:

Эксперты- дизайнеры;

Эксперты- операторы, в свою очередь разделяемые на лиц с преимущественно вербальной или образной формами мышления.

Желательно объединять в одну группу людей с примерно одинаковой квалификацией; при невозможности этого — применять к оценкам весовые коэффициенты, пропорциональные уровню квалификации.

Оценка производится каждым экспертом каждой группы независимо.

При оценке заполняется протокол, по форме соответствующий табл. 3. 4., однако для обобщенных, групповых и единичных показателей оценки проставляются в форме «отлично», «хорошо» и т.д. Обоснование оценок не производится. Протокол служит основанием для дальнейшей обработки. Возможна упрощенная процедура, когда в качестве экспертов привлекаются только дизайнеры или только операторы.

В результате определяется обобщенная эстетическая оценка и даются рекомендации (замечания) по улучшению решений на отдельных уровнях.

Определение доли эстетических факторов в повышении эргономичности. Из табл. 3. 4. видно, что доля эстетики определяется, во-первых, основным ха-

рактором деятельности оператора и, во-вторых, применяемыми средствами компенсации негативных воздействий.

Например, оценка тектоники «очень плохо» свидетельствует о высокой вероятности ошибочных действий оператора и необходимости изменять не только дизайнерские, но и конструктивные решения СОИ и ОУ, а также пересмотреть список выдаваемых сообщений и форму кодирования; такая же оценка рецепторной организованности свидетельствует лишь о резервах совершенствования дизайнерских решений.

Поэтому приводимые в литературе (табл. 3. 3.) оценки нуждаются в уточнении. А именно, *возможности увеличения эргономичности определяются разницей потенциалов уровня, на котором осуществляется деятельность оператора, и уровня эстетической компенсации.*

Например, если *основной характер деятельности оператора кинестетический (уровень 4), а компенсация негативных воздействий происходит за счет улучшения рецепторной организованности (уровень 5)*, то формула, оценки вклада эстетических факторов  $V$  примет вид:

$$V = \frac{\Phi \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{3}, \quad (7.15)$$

где  $k_1$  и  $k_2$ - коэффициенты значимости воздействия группы рецепторов и конкретного рецептора для деятельности оператора,  $k_3$ - коэффициент условий восприятия, 3- число групп рецепторов (экстероцепторы, проприоцепторы, интероцепторы).

Например, для всех экстероцепторов, принимая  $k_1=k_2=k_3=1$ , имеем  $V = 0.618 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 / 3 = 0.206$ , т.е. эргономичность может быть увеличена максимум на 20.6% (достаточно точная корреляция с приростом производительности в табл. 3. 3.); отдельно для зрения, принимая  $k_1=1$ ,  $k_2=0.7-0.9$ ,  $k_3=1$  [120], получим  $V = 0.618 \cdot 1 \cdot (0.7 \div 0.9) \cdot 1 / 3 = 0.144 \div 0.185$ , т.е. эргономичность может быть увеличена на 14.4-18.5%.

Сравнение достигнутых показателей с расчетными значениями позволит оценить эффективность мероприятий по повышению эстетичности.

Например, теоретически возможный прирост производительности для условий задачи 1. 1. составляет  $V = 0.618 \cdot 1 \cdot 0.1 \cdot 1 / 3 = 0.0206$ , или 2.06%; фактическое значение — 1-3%, т.е., с учетом точности измерений, можно говорить о высокой эффективности применения функциональной музыки.

**Автоматизация расчетов** сводится к реализации следующих функций:

- сбор и приведение к формальному виду экспертных оценок;
- статистическая обработка оценок;
- расчет условной суммарной оценки, оценок гармоничности и сбалансированности;
- расчет показателей эффективности;

- графическая обработка данных и результатов расчетов;
- обеспечение работы с базой данных (в том числе — БД проектировщика).

Отсюда следует желательность разработки небольшого пакета программ, обеспечивающего их реализацию.

## **7.5. Выбор стратегии оптимизации технологической системы монолитного строительства**

Оптимизация структуры ТС МС, рассмотренная в предыдущей главе, предполагает реализацию долгосрочной программы структурных преобразований. Поэтому она должна быть обязательно дополнена «оперативной» оптимизацией, особенно на уровнях 5-7. Под последней будем понимать повышение технологичности, совершенствование управления, инновационные мероприятия, не изменяющие основных структур и функций системы, существующих на данный момент. Рассмотрим последовательно каждое из этих направлений.

**Оптимизация системы.** Известные методы решения многокритериальных оптимизационных задач, как показано в главе 1, не всегда могут быть использованы для совершенствования технологической системы монолитного строительства. Поэтому разработана инновационная стратегия оптимизации, которая не является чисто математической и может быть отнесена к теоретико-экспериментальным методам.

**Повышение технологичности.** Каждая из составляющих технологических решений (4.2-4.7) описывается большим количеством показателей и должна быть представлена своей целевой функцией и набором ограничений:

- объемно-планировочные решения описываются целевой функцией, соответствующей максимальному объему проектируемого здания при условии равномерного размещения различных конструкций с наименьшим их объемом и номенклатурой;
- конструктивным решениям соответствует целевая функция, характеризующая максимальную однородность и заводскую готовность опалубки при минимальной стоимости производства;
- организация производства описывается целевой функцией, соответствующей наилучшему использованию ресурсов при фиксированном сроке строительства;
- целевая функция механизации соответствует достижению наивысшей производительности при использовании комплекса согласованных средств механизации;
- технология описывается целевой функцией, соответствующей максимальной интенсивности производственного процесса при минимальной стоимости производства и обеспечении качества;
- целевая функция управления соответствует наибольшей оперативности и целесообразности принимаемых решений, исходя из специфики задач подсистем каждого уровня.

Оптимальные значения целевых функций определяют, исходя из экономической целесообразности оцениваемых вариантов.

Большинство исследователей считают необходимым оценивать технологичность проектных решений по комплексным показателям [63, 100, 227]. Однако отсутствие каких бы то ни было методик определения значений обобщенной целевой функции не позволяет на практике формировать комплексный показатель оценки проектных решений с учетом этого фактора.

Оптимизационная задача, соответствующая выбору технологичных решений, может быть поставлена в следующем виде: требуется определить набор значений  $x_i$  при которых целевая функция, соответствующая принятому критерию оптимальности, достигает своего минимума при соблюдении граничных условий.

Математическая интерпретация этой задачи имеет вид:

$$\begin{aligned}
 & C = \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min, \\
 & \sum_{i=1}^n a_{1i} x_{1i} \leq A_1 \\
 & \dots, \\
 & \sum_{i=1}^n a_{mi} x_{mi} \leq A_m
 \end{aligned} \tag{7.16}$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – учитываемые показатели;

$A_1, A_2, \dots, A_m$  – ограничения;

$c_1, c_2, \dots, c_n$  – значения показателя-критерия в расчете на единицу  $x_i$ ;

$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{mn}$  – значения показателей-ограничений в расчете на единицу  $x_i$ .

При выборе оптимальных значений параметров, характеризующих технологические решения, могут быть использованы методы прямого перебора вариантов.

Принимаемые технологические решения во многих случаях оказываются сложными для оценки. Поэтому возникает необходимость в осуществлении ряда промежуточных шагов. Для этого необходимо решить задачу синтеза рациональной структуры технологических решений при разработке проектов технологии и организации строительства и при разработке новых решений на основе результатов научных исследований.

Для получения технологических решений необходимо сопоставление и анализ *сетевых моделей*, поскольку для выполнения каждого определенного технологического процесса отводится определенный технологический промежуток времени, отклонение от которого допускается только для процессов, не находящихся на критическом пути.

В сетевых моделях должны быть детально описаны структуры технологических процессов, их пространственные и временные параметры. В альтернативных узлах, которые в сетевых моделях принятия решений имеют смысл события принятия решения, может приниматься решение «да» или «нет», которое определяет выбор определенной ветви модели.

В тех случаях, когда известны вероятности выполнения отдельных процессов, после введения в модель решения «да» или «нет», можно произвести оценку ожидаемых результатов решений. Для каждого узла модели с известными вероятностями действительно условие:

$$P_{i,D} + P_{i,H} = 1, \quad (7.17)$$

где  $P_{i,D}$  – вероятность решения «да» в узле  $K$ ;  
 $P_{i,H}$  – вероятность решения «нет» в узле  $K$ .

Если для каждого альтернативного узла сетевой модели вероятность решения известна, то вероятности ожидаемых результатов от старта (О) до цели ( $a_i \in A$ ) могут быть рассчитаны. Они являются значимыми критериями при выборе технологических решений. Определение вероятностей осуществляется методами *прогнозных расчетов, экспертных оценок* и др. Применяя эти критерии, выбирают наиболее рациональный вариант технологических решений, после чего разрабатывают и рассчитывают сетевой граф или любую его модификацию.

Анализ перечня технико-экономических показателей ППР и ПОС показывает, что частными критериями оценки является продолжительность строительства  $T$  и стоимость реализации технологических решений  $C$ , а принятым ограничением – равномерность потребления во времени финансовых, людских и материально-технических ресурсов. Методом экспертных оценок установлено, что  $T > C$ . Поиск наилучших вариантов технологических решений осуществляют в области Парето-оптимальных решений в соответствии с моделью:

$$X^0 = \{x/x \in X, \{x^1/x^1 \geq K\} \cap X \neq \Phi\} \quad (7.18)$$

В качестве интегрального критерия оценки решений, принимаемых в процессе разработки ППР монолитных зданий, используется обобщенный критерий близости оцениваемых вариантов к идеальному варианту  $TP$  при принятых ограничениях:

$$TP = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-}, i = 1, \dots, m \quad (7.19)$$

При разработке проектной документации, возникает необходимость в разработке методологии многокритериальной оценки всего комплекса технологических решений в процессе проектирования с учетом оценочных показателей, характеризующих технико-экономические показатели ПОС и ППР.

В этом случае стоимость реализации технологических решений  $C$  учитывается в ходе технико-экономической оценки, а оценку технологических решений производят с помощью локального критерия, характеризующегося оптимальной продолжительностью строительства монолитных зданий с учетом принятых ограничений:

$$\begin{matrix} X_t^{11}, & X_t^{12}, & \dots, & X_t^{1m}, & * & X_t^1 \\ X_t^{21}, & X_t^{22}, & \dots, & X_t^{2m}, & * & X_t^2 \\ X_t^{31}, & X_t^{32}, & \dots, & X_t^{3m}, & * & X_t^3 \\ X_t^{41}, & X_t^{42}, & \dots, & X_t^{4m}, & * & X_t^4 \\ X_t^{51}, & X_t^{52}, & \dots, & X_t^{5m}, & * & X_t^5 \end{matrix} \quad (7.20)$$

где  $X_t^5$  – множество оценочных показателей, соответствующее стоимости реализации технологических решений ППР на единицу конечной строительной продукции;

$x_t^{51}$  – показатель, соответствующий затратам на устройство временных дорог, проездов и т.д.;

$x_t^{52}$  – показатель, соответствующий затратам на строительство и эксплуатацию временных зданий и сооружений;

$x_t^{53}$  – показатель, соответствующий затратам на временное энергоснабжение объектов строительства;

$x_t^{54}$  – показатель, соответствующий затратам на временное теплоснабжение;

$x_t^{55}$  – показатель, соответствующий затратам на сооружение и эксплуатацию временных сетей водоснабжения и канализации;

$x_t^{56}, \dots, x_t^{5m}$  – показатели, соответствующие прочим затратам.

Локальный критерий оценки технологических решений получается путем свертки оценочных показателей, характеризующих продолжительности выполнения отдельных видов работ по строительству, в множества  $X_q^1$  и  $X_q^2$ :

$$\begin{matrix} X_q^{11}, & X_q^{12}, & \dots, & X_q^{1m}, & * & X_q^1 \\ X_q^{21}, & X_q^{22}, & \dots, & X_q^{2m}, & * & X_q^2 \end{matrix} \quad (7.21)$$

где  $x_q^{11}, x_q^{12}, \dots, x_q^{1m}$  – оценочные показатели, характеризующие продолжительность выполнения отдельных видов работ подготовительного периода;

$x_q^{21}, x_q^{22}, \dots, x_q^{2m}$  – оценочные показатели, характеризующие



продолжительность выполнения отдельных видов работ основного периода строительства;

$X_q^1$  – множество оценочных показателей, соответствующее общей

продолжительности подготовительного периода;

$X_q^2$  – множество оценочных показателей, соответствующее общей продолжительности основного периода строительства.

Значения  $X_q^1$  и  $X_q^2$  принимают с учетом максимально достижимого совмещения отдельных работ, исходя из рациональной технологии производства строительных работ.

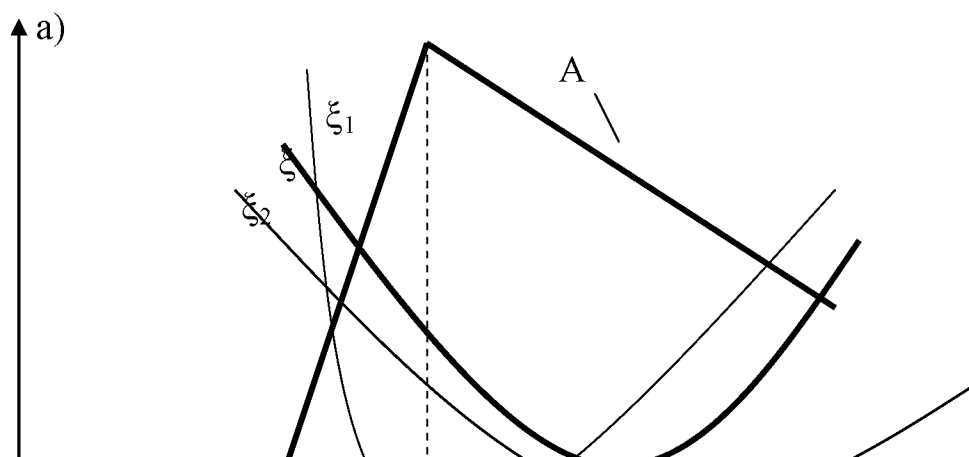
При групповом методе строительства  $x_q^{21}, x_q^{22}, \dots, x_q^{2m}$  могут соответствовать продолжительности строительства отдельных объектов, входящих в градостроительные комплексы.

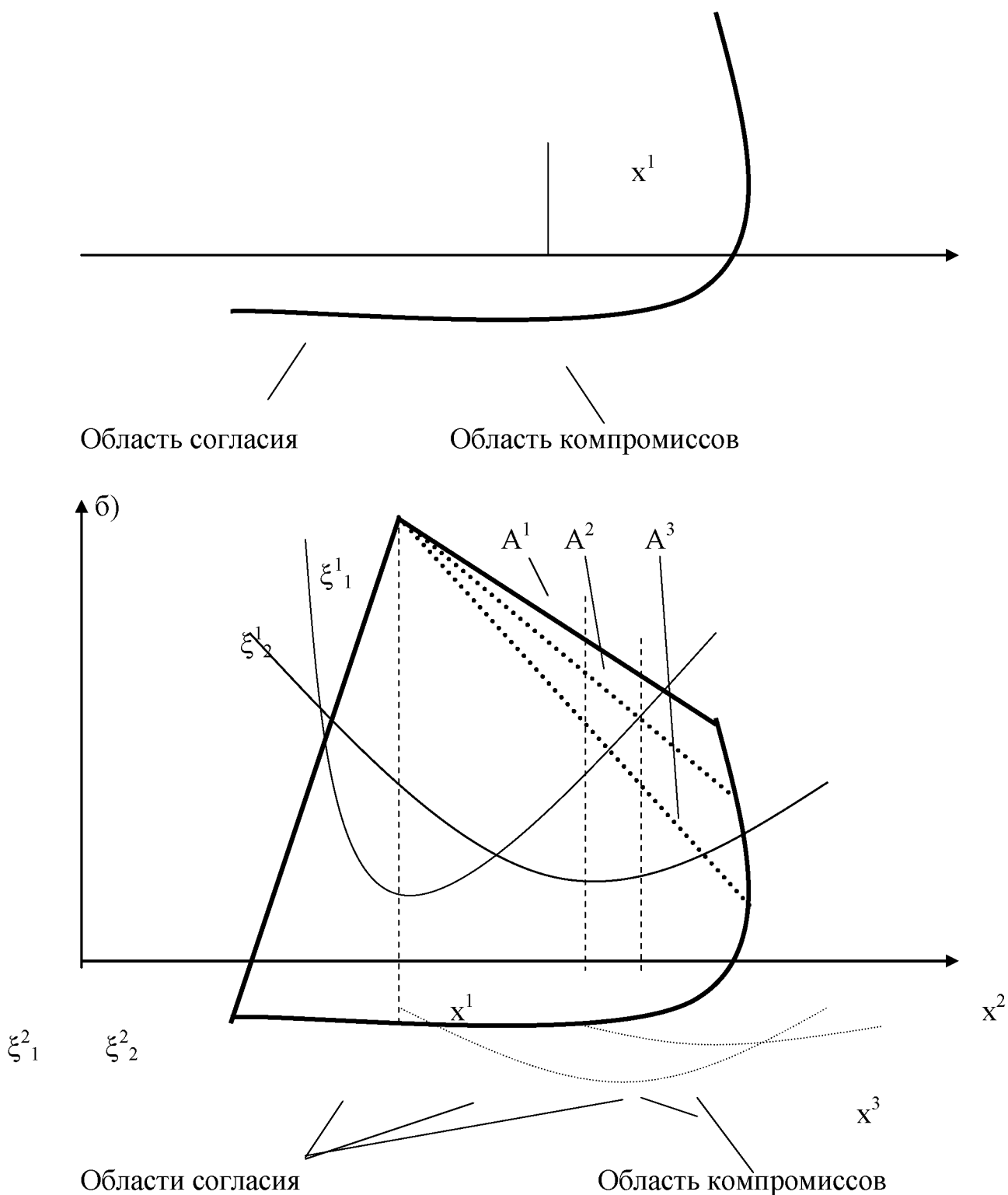
**Стратегия инновационной оптимизации.** В условиях быстро меняющейся рыночной конъюнктуры, когда постоянно внедряются технологические, технические, организационные и другие инновации, возможности применения существующих методов оптимизации существенно сужаются, поскольку меняется значение оценочных показателей, вид целевых функций и ограничений. Это вынуждает ставить вопрос о разработке стратегии инновационной оптимизации ТС МС.

**Идея инновационной оптимизации.** Для наглядности рассуждений, дадим геометрическую интерпретацию классической оптимизации. Ограничимся простым примером, когда учитываются два параметра  $x_1$  и  $x_2$ , имеются частные целевые функции  $\xi_1$  и  $\xi_2$  и обобщенная целевая функция  $\xi(\xi_1, \xi_2)$ , а также набор ограничений  $A$ . Это – задача ограниченной многокритериальной оптимизации.

Если перечисленные характеристики имеют вид, показанный на рис. 7.13,а, то множество возможных решений  $X$  (с учетом ограничений  $A$ ) разбивается на два подмножества – область согласия  $X_1$  и область компромиссов  $X_4$ . Минимум обобщенной целевой функции, соответствующий наилучшему решению  $x^1$ , находится в области компромиссов (Парето-оптимальных решений). Достоверность этого решения целиком зависит от правильного определения весов оценочных показателей и вида обобщенной целевой функции.

Как только веса показателей и соотношение частных целевых функций меняется, решение  $x^1$  перестает быть оптимальным.





Области согласия

Область компромиссов

Рис. 7.14. Стратегия инновационной оптимизации.

В области согласия находится решение  $x^2$ , соответствующее минимуму одной из частных целевых функций; при этом вторая частная целевая функция не увеличивается. Назовем такое решение *хорошим*. Хорошее решение не зависит от соотношения весовых показателей и обобщенной целевой функции, т.е. лишено указанных выше недостатков. Это его свойство и лежит в основе инновационной оптимизации.

Суть предлагаемой стратегии состоит в следующем (в качестве иллюстрации используется тот же пример и рис. 7.14б).

1. Определяются параметры  $x_1, x_2$ , ограничения  $A^1$ , частные целевые функции  $\xi^1_1, \xi^1_4$ . Обобщенная целевая функция  $\xi$  не ищется.

2. Находится минимум одной из частных целевых функций (в данном случае –  $\xi^1_1$ ), при условии, что другая частная целевая функция продолжает уменьшаться. Ему соответствует первое хорошее решение  $x^1$ .

3. Вводится инновация  $p_1$ , изменяющая характер первой частной целевой функции  $\xi^2_1 = (p_1, x_1)$  так, что ее минимум сдвигается вправо. Таким образом, область согласия увеличивается. При этом набор ограничений также может изменяться  $A^1 \rightarrow A^4$ .

3. Для новых условий определяется второе хорошее решение  $x^4$ . Вводится следующая инновация  $p_2$ , изменяющая характер  $\xi^1_2$  или  $\xi^2_1$  и т.д., после чего цикл повторяется.

4. Условием прекращения цикла, в зависимости от ситуации, может быть достижение желаемого уровня качества, технологичности, управляемости и т.д., либо исчерпание инновационных ресурсов.

Полученное в результате хорошее решение превосходит оптимальное решение, полученное в результате классической Парето-оптимизации. Проверка достигнутых результатов осуществляется в процессе строительного производства.

Еще одним преимуществом предлагаемой стратегии является то, что она непосредственно указывает те «узкие места», где необходимо внести технические, технологические, организационные и прочие изменения.

Таким образом, инновационная оптимизация изначально не является чисто математической, а ориентирована на комплексное использование теоретических и технических средств, т.е. относится к теоретико-экспериментальным методам.

Теперь дадим ее определение.

**Определение 7.1.** *Инновационной оптимизацией называется теоретико-экспериментальное совершенствование ТС МС, основанное на целенаправленном расширении области согласия за счет введения инноваций и отыскании в ней хороших решений, ограниченное условиями достижения цели совершенствования и величиной инновационных ресурсов.*

Рассмотрим, каким образом предлагаемая стратегия связана с представлением о ТС МС как о целостной системе, и как обеспечивается ее наиболее целесообразное применение.

**Использование инновационной оптимизации.** Правильное применение предложенной стратегии обязано учитывать, во-первых, неаддитивность системы и, во-вторых, результаты экспертного опроса.

Первое условие обеспечивается, если стратегия базируется на следующих положениях.

**Положение 7.1.** *Инновационные мероприятия проводятся отдельно на каждом из семи иерархических уровней организации ТС МС.*

Для каждого из них смысл и цель инноваций отличаются. Так, на уровне строительной фирмы целью инноваций является повышение адаптивности, что достигается за счет PR-мероприятий, прогноза, приведения деятельности в соответствие с законодательной и нормативной базой и т.д., на уровне строительных объектов целью является повышение технологичности, достигаемое путем механизации, организации и т.д. Таким образом, обеспечивается системность вводимых улучшений.

Положение 7.2. Ценность инноваций разных уровней различна и убывает от первого до седьмого.

Это – естественное следствие целостности системы. Так, деятельность руководителя в значительно большей степени влияет на эффективность ТС МС, чем квалификация отдельного рабочего. Отсюда прямо следует следующее положение.

**Положение 4.9.** *Инновационная оптимизация должна производиться на всех уровнях в определенной последовательности, а именно – начиная с первого и заканчивая седьмым.*

Выполнение этого условия обеспечивает необходимую взаимную увязку проводимых мероприятий.

Результаты экспертного опроса используются для целенаправленного поиска тех параметров системы, которые нуждаются в улучшении.

Следует осознать также на временных характеристиках внедрения инноваций. Можно выделить четыре этапа производимых изменений.

Первый из них характеризуется значительными трудностями, связанными с определением места и характера проводимых мероприятий, а также разработкой самих инноваций. Творческий характер последних делает эту стадию достаточно непредсказуемой и рискованной. Наличие научного центра и инновационного фонда являются необходимыми условиями преодоления начальных трудностей.

На следующем этапе производится внедрение инноваций, что сопровождается затратами разнообразных ресурсов и, возможно, временным падением эффективности. Компенсация этих затрат также должна возлагаться на инновационный фонд.

Третий этап характеризуется ростом эффективности системы, возмещением первоначальных затрат и получением дополнительной прибыли. Часть из этих средств должна направляться в научный центр и инновационный фонд.

Наконец, четвертый этап соответствует исчерпанию достигнутого эффекта ввиду изменившейся внешней ситуации. Это – сигнал для введения следующей инновации.

**Оценка эффективности инноваций.** Проблема оценки эффективности является достаточно многогранной и еще больше усложняется тем, что многие нормативные документы, определяющие правила ее расчета, устарели и не соответствуют условиям рыночной экономики. Из современных исследований, посвященных этому вопросу, внимания заслуживает [38]. Отметим несколько ключевых моментов.

Эффект инноваций не исчерпывается только экономическими критериями, но включает научно-технические и социальные показатели.

Показатели экономической эффективности включают статические и динамические факторы и относятся к трем группам: абсолютных (суммарный и среднегодовой доход, чистая текущая стоимость, годовой эквивалент), относительных (рентабельность, индекс прибыльности, внутренняя рентабельность) и временных (срок окупаемости) показателей.

Расчеты эффективности технологических решений приводятся в шестой главе.

Таким образом, проведенный системно-структурный анализ на основе теории самоорганизации технологии и организации монолитного строительства позволил предложить концепцию технологической системы монолитного строительства, базирующаяся на категориях целостности, открытости, изоморфности, самоорганизации. Построена графоаналитическая модель такой системы. Ее использование позволило определить условия замкнутости и уровни организации системы, соответствие условиям окружающей среды, роль симметрий в обеспечении целостности системы, общее направление ее структурно-функциональной оптимизации. Сформулированная концепция является основой для совершенствования технологических решений, построения АСУ, оценки эффективности системы.

Усовершенствована процедура экспертного опроса, как средства оценки технологической системы. Предложена новая процедура отбора экспертов, усовершенствована новая система интегральных, групповых и единичных показателей, учитывающая неаддитивность технологической системы. Процедура обработки результатов опроса адаптирована к условиям монолитного строительства. Указанные усовершенствования, корректность которых усовершенствована в ходе практической апробации, позволяют точнее определять «узкие места» системы, намечать направления ее усовершенствования, оценивать эффективность инноваций. Усовершенствованы границы применения классических методов многокритериальной оптимизации применительно к выбору технологических решений и управлению технологической системой монолитного строительства. Проведена их адаптация. Для случаев, когда такие методы оказываются неприменимыми, предложена инновационная стратегия оптимизации.

## **7.6. Оценка системы**

Сложность ТС МС и разнокачественность ее характеристик ограничивает использование аналитических методов ее оценки. Поэтому в качестве основного принят аналитико-эвристический метод экспертного опроса.

*Обоснование системы оценочных показателей* производится, исходя из следующих положений:

- целостной технологической системе монолитного высотного жилищного строительства должна соответствовать система показателей, структура которой определяется организацией системы;

- вес обобщенного оценочного показателя, характеризующего систему или структуру высшего уровня по отношению к низшим, больше, чем сумма весов частных показателей (следствие неаддитивности системы);
- конкретные веса обобщенных и частных показателей определяются по результатам экспертного опроса;
- отбор экспертов, процедура определения их квалификации, процесс обработки результатов опроса подчинены принципу системности и определяются структурой технологической системы.

В целях соблюдения указанных положений разрабатываются новые методы оценивания или производится адаптация известных (подраздел 1.3.2), если их применение оказывается возможным.

Неаддитивность ТС МС обуславливает необходимость изменения процедур определения оценочных показателей и их ранжирования, отбора экспертов, обработки результатов, а также формы их представления. Рассмотрим последовательно каждую из них.

**Выбор репрезентативных оценочных показателей.** Построение системы показателей должно базироваться на следующих постулатах.

**Положение 7.3.** Система в целом и составляющие ее компоненты оцениваются специфическими наборами качественно различных показателей.

Это положение является следствием неаддитивности. Для его реализации необходимо, чтобы количество баллов, которыми оценивается объект более высокого уровня, всегда превосходило сумму баллов, которыми оцениваются объекты последующих уровней. Конкретно, исходя из рассмотренных в предварительной главе условий целосности, если ТС МС в целом оценена в 100 баллов, то суммарная оценка технологической, организационной и прочих составляющих не может превосходить  $\Phi \cdot 100$  баллов, т.е. 62.

**Положение 7.4.** Показатели подсистем более высокого уровня могут использоваться для оценивания составляющих их компонентов; наоборот, показатели подсистем низших уровней неприменимы для оценки подсистем, в состав которых они входят.

Это положение – также следствие целостности системы. Так, если показателем системы является экономическая эффективность, то его можно применить для оценки конкретных рабочих операций; в то время показатель квалификации рабочих при выполнении той или иной операции нельзя распространять на оценку системы в целом.

**Положение 7.5.** Количество единичных показателей на каждом из уровней организации рассчитывается по формуле:

$$П = \sum_{i=1}^N a_i v_i, \quad (7.22)$$

где  $N$  – количество компонентов уровня;

$v_i$  – количество внешних связей компонента  $a_i$ .

**Положение 7.6.** *Помимо единичных показателей, система оценивается совокупностью групповых показателей каждого из уровней и интегральным показателем для системы в целом.*

Предлагается следующий набор показателей:

- для уровня 1 – *адаптивность* (мера соответствия внешним требованиям);
- для уровня 2 – *эффективность* (степень соответствия целевой функции);
- для уровня 3 – *управляемость* (степень организованности);
- для уровня 4 – *технологичность* (в соответствии с определением 4.1);
- для уровня 5 – *качество* (обеспеченность соответствия продукции нормативным требованиям);
- для уровня 6 – *производительность* (реальный объем выпуска продукции в единицу времени);
- для уровня 7 – *квалификация* (реальная реализация умений с учетом дисциплины, состояния здоровья и т.п.).

**Ранжирование показателей.** Связь интегрального и групповых показателей, а также групповых и единичных показателей не является аддитивной и определяется по формуле:

$$P_z = \alpha_i \sum_{j=1}^{M_i} p_{ij}, \quad (7.23)$$

где  $P_z$  – групповой показатель уровня  $i$ ;

$p_{ij}$  – единичный  $j$ -тый показатель из общего их количества  $M_i$ ;

$\alpha_i$  – коэффициент, определяющий, насколько групповой показатель важнее суммы единичных показателей.

Значения в баллах интегрального, групповых и единичных показателей, а также коэффициентов  $\alpha$ , определяются экспертами. Если исходить из условий целостности, значение группового показателя должно быть в  $1/\Phi$  раз больше, чем суммы единичных, а интегрального – в  $1/\Phi$  раз больше, чем суммы групповых.

**Отбор экспертов** основывается на положениях 7.7 и 7.8.

**Положение 7.7.** *Для оценки показателей каждого из уровней подбирается независимая группа экспертов, соответствующая ему по уровню квалификации.*

Репрезентативность результатов зависит от количества привлекаемых для опроса специалистов и их компетентности, а также креативности, конформизма, конструктивности, аналитичности и широты мышления, самокритичности. Подробнее осознание овладения на первых трех условиях.

Под *компетентностью* понимают степень квалификации экспертов в определенной области знаний. Количественно компетентность оценивается коэффициентом  $K$ , вычисляемым на основе суждения экспертов о степени своей информированности по решаемой проблеме по формуле:

$$K = 0,5 (K_u + K_a), 0 \leq K \leq 1, \quad (7.24)$$

где  $K_u$  – коэффициент информированности эксперта, определяемый на основе самооценки по балльной шкале;

$K_a$  – коэффициент аргументации самооценки, представляющий сумму баллов по эталонной таблице.

Относительные коэффициенты компетентности экспертов могут быть определены в результате многоступенчатой процедуры с использованием алгоритма решения задачи о лидере.

*Креативностью* экспертов называют их способность к решению творческих задач. Эта характеристика не поддается количественной оценке.

Свойство *конформизма*, определяющее подверженность экспертов влиянию авторитета, наиболее негативно сказывается на результатах экспертного оценивания при проведении открытых дискуссий. Оно также не поддается количественной оценке. Для нейтрализации конформизма экспертов в ряде случаев следует прибегать к процедуре независимой оценки.

**Положение 7.8.** *Необходимо подбирать экспертов с коэффициентом компетентности, близким к единице, высоким уровнем креативности, конструктивности, аналитичности и широты мышления, самокритичности и низким уровнем конформизма.*

Количество экспертов в группе, при выполнении положения 4.8, может быть ограничено 8-10.

**Проведение опроса.** Перед проведением опроса эксперты каждой из групп уточняют число единичных оценочных показателей и их смысл, смысл группового показателя, определяют коэффициент  $\alpha$ , договариваются о применяемой шкале оценок. Рекомендуется использовать пятибалльную шкалу.

Оценка производится каждым экспертом группы независимо, отдельно для единичных и групповых показателей. При этом выполняется ранжирование и непосредственная оценка показателей. Обоснование выставленных оценок не приводится.

В ходе оценивания заполняется протокол, служащий основанием для обработки полученных данных.

При отслеживании динамики изменений системы частота проведения опросов составляет один раз в шявляется месяцев; при заведомо быстром изменении какого-либо показателя она увеличивается.

**Обработка результатов опроса** имеет решающее значение для обеспечения достоверности результатов экспертного оценивания. Состояниедартный алгоритм обработки уточняется следующим образом.



Если экспертное оценивание произведено  $n$  экспертами по  $M$  показателям, то результатами оценки будут величины  $X_{ij}$ , где  $i$  – порядковый номер эксперта,  $j$  – порядковый номер показателя для сравнения. В тех случаях, когда экспертное оценивание производят методом ранжирования, величины  $X_{ij}$  представляют собой ранги оцениваемых объектов. Если экспертное оценивание производится методом непосредственной оценки, то  $X_{ij}$  – баллы, которыми оценены сравниваемые объекты.

Оценки, данные экспертами для каждого из уровней, рассматриваются как случайные величины, образующие выборки из  $n$  элементов для каждого из показателей. Для каждой из выборок рассчитывается математическое ожидание:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{ij} k_i x_i \quad (7.25)$$

где  $q_{ij}$  – коэффициенты весов показателей, определенные в соответствии с их рангами, причем:

$$\sum_{j=1}^M q_j = 1, \quad (7.26)$$

$K_i$  – коэффициенты компетентности экспертов.

Коэффициенты компетентности экспертов, предварительно определенные согласно (4.26), уточняют по апостериорным данным в зависимости от степени согласованности их индивидуальных оценок с групповыми. Алгоритм вычисления коэффициентов компетентности экспертов имеет вид рекуррентной процедуры:

$$X_j^t = \sum_{i=1}^n X_{ij} K_i^{t-1} \quad (7.27)$$

$$\lambda = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^n X_{ij} X_j^t, \quad (t=1, 2, \dots) \quad (7.28)$$

$$K_i^t = \left( \sum_{j=1}^M X_{ij} X_j^t \right) \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n K_i^t = 1, \quad (7.29)$$

где  $n$  – количество экспертов;  
 $M$  – количество оценок объектов;  
 $X_{ij}$  – результаты оценки;

$K_i$  – коэффициент компетентности  $i$ -го эксперта;  
 $i$  – порядковый номер эксперта;  
 $j$  – порядковый номер оценки.

Начальные значения коэффициентов компетентности экспертов принимают  $K_i^0$  согласно (4.15), а суммарные оценки в первом приближении определяют как средние арифметические значения индивидуальных оценок экспертов:

$$X_j^1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (7.30)$$

Определив значения  $\lambda$  из выражения

$$\lambda^1 = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^n X_{ij} X_j^i \quad (7.31)$$

вычисляют значения коэффициентов компетентности экспертов в первом приближении:

$$K_i^1 = \left( \sum_{j=1}^M X_{ij} X_j^1 \right) \frac{1}{\lambda} \quad (7.32)$$

Требуемая достоверность решения обеспечивается вычислением коэффициентов компетентности экспертов в первом приближении. В случае необходимости можно путем многократного повторения процедуры вычисления получить значения коэффициентов  $K_i^1, K_i^2, \dots, K_i^P$ .

Далее, при необходимости, вычисляются: выборочная дисперсия (7.33) и среднее квадратическое отклонение (4.25),

$$D(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2 \quad (7.33)$$

$$\delta = \sqrt{D(x)}, \quad (7.34)$$

которые используются для проведения дисперсионного анализа и сравнения математических ожиданий с целью выявления влияния на оценки какого-либо постороннего фактора.

При анализе временных рядов изменения показателей системы сравниваются результаты опросов, проведенных в течение исследуемого периода.

**Представление результатов обработки и анализ результатов.** Для наглядного изображения полученных данных удобно использовать диаграммы,

столбцы которых показывают величины показателей в баллах с учетом коэффициентов  $\alpha$ .

Использование диаграмм позволяет быстро определить:

- «узкие места» организации системы (оценки ниже указанного экспертами уровня);
- вклад конкретного показателя в образование «узкого места» (соотношение с другими единичными показателями группы с учетом весов);
- указать уровень, где необходима оптимизация (низкая групповая оценка);
- подсказать примерное направления мероприятий по совершенствованию системы (организация или технология).

Таким образом, анализ результатов экспертного опроса является неотъемлемой частью стратегии оптимизации ТС МС.

## Глава 8. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОТБОРА, КОНТРОЛЯ И ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ИСОИ

Оператор ИСОИ, как компонент ЭС, должен удовлетворять условиям совместимости (5 1-5.5), что выражается в согласовании психологических, физиологических и профессиональных характеристик с конструктивными и дизайнерскими решениями глав 6, 7. Следовательно, необходимо решить задачи установления характеристик, их весовых коэффициентов, допустимых значений и корреляций в областях:

- психологических исследований личности оператора (определение профпригодности и направления индивидуального обучения);
- физиологических измерений (определение трудоспособности);
- корреляции психологических, физиологических, субъективных и объективных показателей (нормирование труда). Теоретические расчеты в особенности, важные вследствие расхождения и неполноты данных, методик и интерпретаций<sup>1</sup>;
- способов специальной подготовки (уменьшение отрицательных и развитие положительных качеств для работы по ИСОИ).

### 8.1. Геометрическое обеспечение исследований операторов

**Постановка задачи.** Употребляя данные психологических исследований, а также материалы предыдущих глав, необходимо построить *общую геометрическую модель субъективного (сенсорного) пространства*, а затем применить ее в целях исследования оператора (*выбор методов, обработка данных, графическое представление психологического портрета*).

**Моделирование субъективного пространства** должно решить те проблемы математического представления и обработки психологических данных, которые перечислены в главе 1. В полном объеме это возможно при использовании волновых моделей; для ОМ - лишь с точностью до определенных инвариантов.

**Исходными положениями являются:**

1. Признание принципиальной открытости и целостности сенсорного пространства - следовательно, организация и связи с внешней средой определяются согласно МЧС;
2. Корреляция психофизиологических характеристик и их весовые коэффициенты следуют из структуры  $S_p^+$ ;
3. Ориентация субъективного пространства рассматривается как калибровка ОМ по данным психологических исследований.

---

<sup>1</sup> Например, согласно [236, с.10-25], в настоящее время существует 11 психологических школ, отличных по своим подходам, методам, интерпретациям.

Ввиду общности аппарата, применение таких моделей позволяет также легко установить связи процессами операторской деятельности.

**Квазиметрические отношения субъективного пространства** вводятся для определения «положения», меры сходства, эволюционных отношений между его элементами. Термин «квазиметрические» подчеркивает, что при этом учитываются не только количественные, но и качественные и весовые признаки.

**Координатная система** представляется в виде анизотропного векторного базиса  $E^n$  ( $n$ - переменная актуальная размерность ОМ) (рис.8.1); измеряемая характеристика — в виде вектора, составляющие которого имеют веса, пропорциональные длинам единичных векторов. В этом случае игнорируется реальная неаддитивность взаимодействия составляющих.

Нормирование длин единичных векторов слоев проводится, согласно предложений 3.4., по отношению к величине амплитуды волн первого слоя и выражается в условных единицах. Для ряда задач более удобным является нормирование по величине потенциалов элементов слоев; также целесообразно выражать условные единицы в баллах так, как это делалось в параграфах 6.3 и 7.4. Возможно применение полных (глобальных)  $K_s$ , или неполных (локальных) в случае, когда нет необходимости отображать все субъективное пространство. Конкретная характеристика отображается как набор векторов ее составляющих, или, ради наглядности, как их суммарный вектор (пунктирные линии на рис. 8.1). В этом случае игнорируется реальная неаддитивность взаимодействия составляющих.

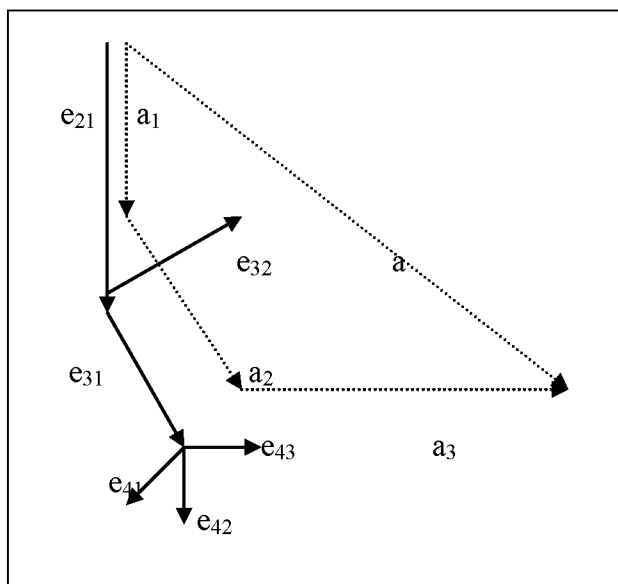


Рис. 8.1.  $K_s$  субъективного пространства

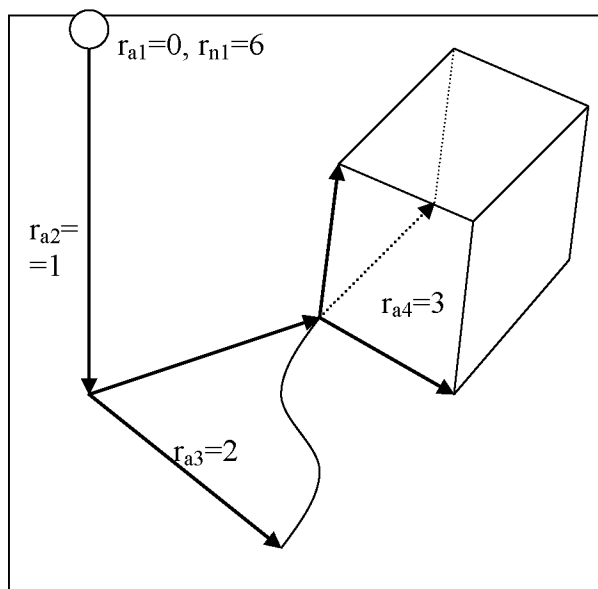


Рис. 8.2. Представление субъективного пространства как  $E^n$

**Отображение процесса самоорганизации.** Субъективное пространство моделируется в виде анизотропного  $E^n$  (рис. 8.2); отметим увеличения его актуальной размерности по мере расслоения и ее уменьшение при свертке (связь с потенциальной размерностью определяет (4.25)).

Расстояние  $d$  вводится как мера сходства элементов; необходимо учесть: принадлежность слоям, разность потенциалов, модальности состояний. Предлагается такая расчетная формула:

$$d = l + |sign_k \cdot \pi_k - sign_i \cdot \pi_i|, \quad (8.1)$$

где  $l$  - количество переходов между слоями элементов  $k$  и  $i$  вдоль С- диаграммы;  
 $\pi_k, \pi_i$  - их потенциалы;  
 $sign = \{+, \text{ модальность } \uparrow; -, \text{ модальность } \downarrow; 0, \text{ модальность } \downarrow\}$

Следовательно, расстояние определяется разностью потенциалов;  $l$  не вносит большой поправки, позволяя различать элементы одного слоя с одинаковыми потенциалами и состояниями (расстояние 2);  $sign$  позволяет различать один и тот же элемент, если его состояние изменяется (не выполняется аксиома тождественности). Таким образом, выполняются все требования к мере сходства, присущие субъективному пространству, причем невыполнение аксиомы тождественности приводит к невыполнению других метрических аксиом. Для совокупности характеристик мера сходства определяется согласно предложений параграфа 6.3.

Угол - мера дивергенции между элементами общего происхождения:

$$\angle_{k,i} = l \quad (8.2)$$

Направление  $N$  определяет эволюционная связь между элементами:

$$N = k - i \quad (8.3)$$

Совокупность элементов, отобранных по какому-либо признаку, определяет, вместе с тем, некоторое подпространство, или многообразие в пространстве ОМ.

Возможно также введение мер гармоничности и сбалансированности аналогично (7.14), которые определяют целостность отдельных уровней и сбалансированность характеристик одного уровня.

**Построение графических ОМ (глава 4)** проводится путем топологических и проективных отображений исходных моделей на плоскость, что сопровождается их локальными развертками. Калибровка происходит вначале путем ориентации, а затем - определения количественных характеристик элементов.

Ориентация субъективного пространства по экспериментальными данными (тесты «Дерево», «Слон», «Дом») имеет вид, показанный на рис. 8.3. Его ОМ будет выглядеть так, как показано на рис. 8.4.

Прокомментируем этот ОМ.

1. Верхние строки показывают количество уровней и характеристик, необходимых для складывания психологического портрету оператора ИСОИ

согласно рекомендаций 6.14.-6. 24. (в других случаях их может быть больше или меньше);

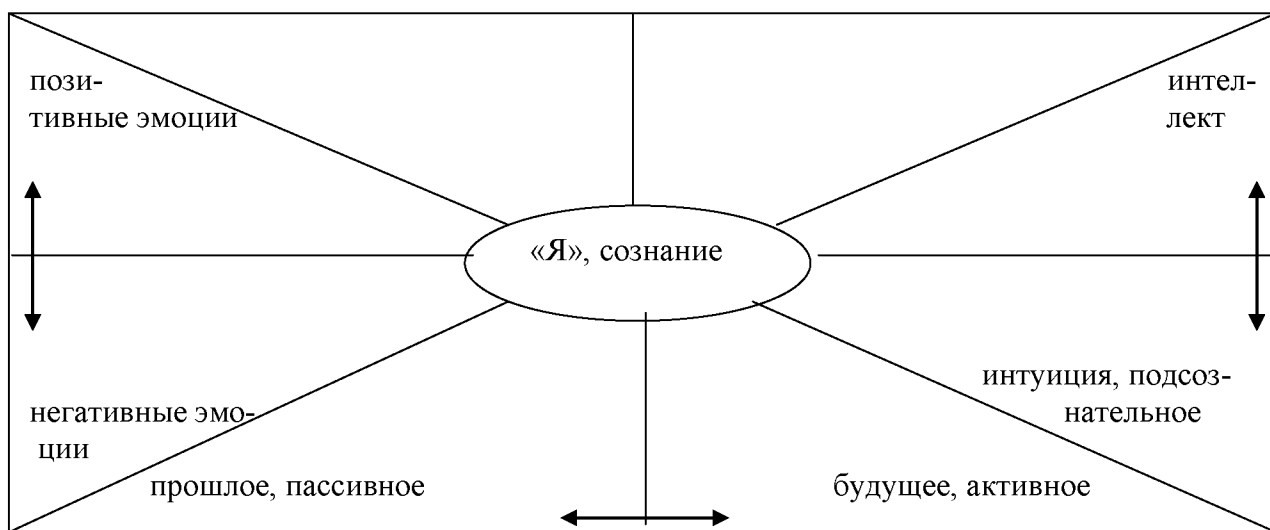


Рис. 8.3. Ориентация анизотропного субъективного пространства

Уровень 1 2 3 4 5 6 7...

Элементов 1 × 1 × 2 × 3 × 5 × 8 ×

13 ×

→ сознательное ←

анализ, интеллект, будущее, активное →

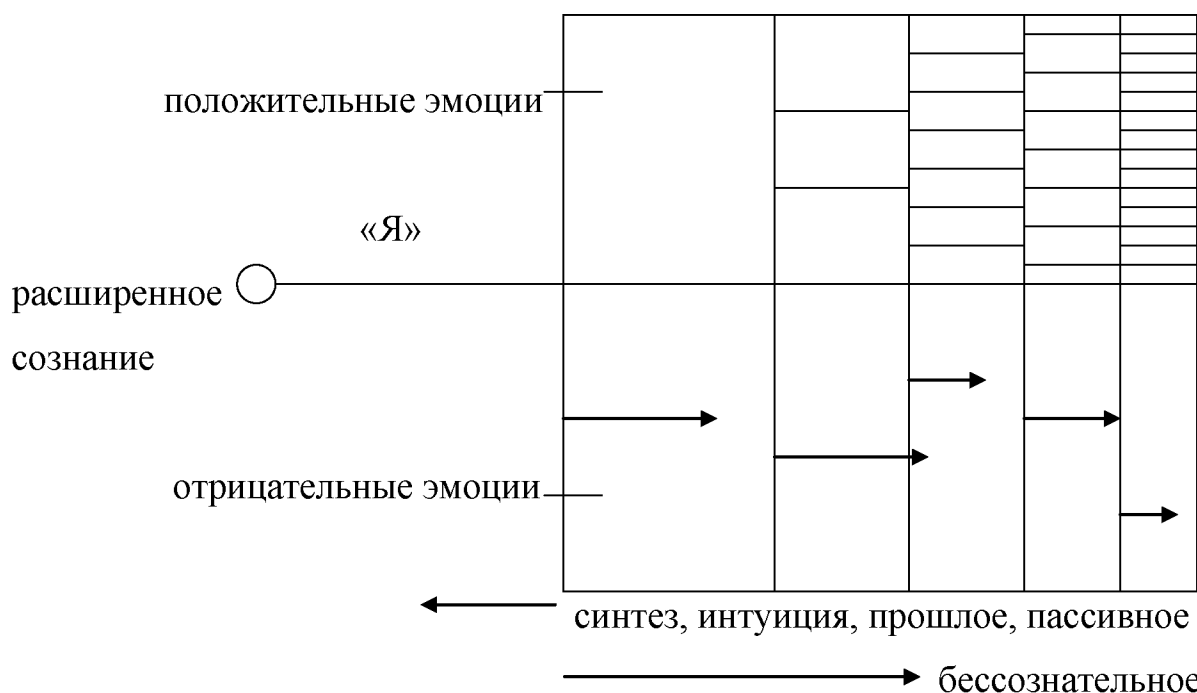


Рис. 8.4. Объектная модель субъективного пространства

2. В верхней половине показано, как выглядит эпюр, на котором изображаются те или иные психологические характеристики (снизу эта структура не показана);

3. Границы между уровнями (калибровка по длине) показывают расчетные, согласно распределения МЧС, или средние, по экспериментальным

данным, величины характеристик для контингента, группы или индивидуума;

4. Совокупность векторов снизу (показаны не все характеристики) отображает степень развития соответствующих психических качеств (расшифровка может выглядеть примерно так: «оптимист с интеллектом выше среднего, плохим зрением; способность различать основные цвета нормальная, оттенки цветов - сниженная»);

«Топография» характеристик определена по рис. 8.3; для отдельных лиц она может быть отличной, что тоже может отображаться;

После отображения данных исследований, модель будет представлять психологический портрет оператора (группы, контингента) [7,129,244].

**Применение графической модели субъективного пространства в целях профессионального отбора.** Правильная подготовка оператора столь же важна для обеспечения целостности, что и разработка оборудования. Требования, которым она должна удовлетворять, также следуют из условий целостности ЭС. Поэтому в ходе отбора, обучения и контроля операторов ИСОИ должны выявляться, развиваться и проверяться профессиональные качества:

- способность к интуитивному ощущению единства формы представления и содержания ситуации и определения тенденций ее развития;
- способность к выделению главных факторов развития ситуации и к отбрасыванию несущественных обстоятельств;
- адекватность, сила и точность реакций на нарушение целостности композиции;
- способность к ощущению пространственной, временной и информационной организованности;
- способность различать цвета и оттенки, стойкость к «цветовому шоку» (резкое возрастание времени распознавания при использовании цветовой формы кодирования), возможному при использовании цветовой формы кодирования.

Необходимым условием является также необходимость контроля допустимых значений и оптимальных соотношений физиологических показателей, что также необходимо выполнять на основе МЧС.

Эта констатация приводит к необходимости рассмотрения ряда вопросов:

- психологического исследования личности оператора, с целью определения его профпригодности и направления индивидуального обучения;
- физиологических измерений с целью определения работоспособности;
- корреляции психологических, физиологических, субъективных и объективных показателей;
- средств и методик обучения, с целью сведения на нет негативных и развития позитивных качеств.

При этом психологические и физиологические аспекты будем рассматривать, опираясь на существующие данные и только с позиций геометриче-



ского моделирования. Учитывая, что разработка методик исследования профессиональных качеств требует наличия средств, выходящих за пределы возможностей математических методов, ограничимся модификациями существующих тестов, изменяя методику их обработки. Таким образом, предлагаемые изменения не противопоставляются существующим методикам [2, 3, 13, 34, 49, 65, 101, 129], а дополняют их.

Для определения наличия и степени развития качеств, необходимых для работы с ИСОИ, предлагается использовать модификации известных проекционных (прожективных) методов изучения личности [30,101,231]. Дадим им краткую характеристику и обоснуем их преимущества для данного случая.

**Проективные методы психологии.** Описываемые методы основаны на понятии «*проекции*», как *защитного механизма, используемого бессознательной сферой «Я» для объективации внутренних импульсов, установок и чувств, неприемлемых для личности, путем приписывания их внешним носителям и последующем включении в сферу сознания уже как измененного восприятия окружающего мира.* Отсюда, к проективным методам исследования относятся «*такие методы, когда испытуемого помещают в ситуацию, реакцию на которую он осуществляет в зависимости от значения для него этой ситуации, его мыслей и чувств*» [13, с.12]. Целесообразность использования именно этих методов состоит в том, что они, являясь комплексными, соответствуют характеру работы оператора с ИСОИ, когда реакция на изменение ситуации определяется подсознательными и сознаваемыми установками, мыслями и эмоциями, т.е. на разных уровнях.

По типу исследуемой реакции различают [13, 49]:

*Ассоциативные методы*, основанные на придании неоформленному материалу субъективного смысла.

*Интерпретационные методы*, в которых необходимо истолковать какие-либо события, изображенные на картинках.

*Конструктивные методы*, когда требуется создать рассказ, рисунок и т.д. по предъявляемым деталям или фрагментам, отдельным звукам и т.п., а также экспрессивные методы, когда в изобразительной деятельности реализуются скрытые и подавляемые мотивы и установки.

*Методы дополнения*, когда необходимо завершить ряд, рассказ, предложение и т.д., позволяющие выявить скрытые мотивы и значимые отношения испытуемого.

*Методы, основанные на выборе и решении*, косвенно связанные со скрытыми влечениями, симпатиями и намерениями.

Таким образом, преимуществом проективных методов является возможность выявить скрытые особенности личности в условиях, когда социальное ожидание не может быть явно угадано. Интерпретация результатов исследования не является жестко формализованной, что открывает возможность применения в этих целях МЧС, в частности, для определения приоритетов и весовых коэффициентов характеристик в соответствии с потребно-

стями профессиональной деятельности. В конечном счете, такая интерпретация позволяет сделать результаты более репрезентативными.

Наиболее популярными проективными методами являются: *тест на фрустрацию Розенцвейга, тематической апперцепции тест, метод Роршаха, тест цветочных выборов Люшера, тест Зонди* и ряд других.

Поскольку необходимо проверить достаточно широкий комплекс реакций, связанный с восприятием, распознаванием, решением и управлением, целесообразно не ограничиваться использованием какого-либо одного из них, а использовать их все. Конкретно предлагается применять:

- ассоциативные методы для - выявления способностей к правильному структурированию отображаемой информации, проверки адекватности эмоциональных реакций, а также определения устойчивости к «цветовому шоку» (цветные таблицы Роршаха);
- конструктивные и экспрессивные методы - для оценки пространственной, временной и информационной организованности субъективного пространства оператора;
- методы дополнения и выбора решения - для проверки адекватности реакций и способностей к предвидению тенденций развития ситуации;
- интерпретационные методы здесь рассматриваться не будут.

Таким образом составляется психологический портрет оператора, группы или контингента [2, 3].

Характеризуя особенности процедуры измерения, отметим необходимость предъявления испытуемым «чистого», свободного от подсказок материала, отсутствия ограничений в выборе ответа и неприемлемости оценок типа «это верно, а это нет» при разборе результатов. Возможна имитация, в той или иной форме, помех, возникающих при работе оператора в обычных условиях (шумы, вибрации и т.д.), а также введение временных ограничений, сопровождаемые внесением необходимых поправок при оценке результатов.

Исследование должно проводиться регулярно на протяжении периода профессионального становления (1-1.5 года; могут применяться одни и те же, либо варианты одних и тех же методов); при этом необходима фиксация динамики изменения контролируемых параметров.

Результаты исследования групп и контингентов операторов могут использоваться для уточнения рекомендаций при конструировании систем управления и для совершенствования методик профессионального обучения; результаты индивидуальных тестов — для самосовершенствования, для выдачи индивидуальных заданий, а в ИСОИ — и для их индивидуальной настройки на конкретного оператора (рекомендация 6.17).

Подчеркнем, что применение описываемых ниже модификаций проективных методов не должно использоваться для замены стандартного профессионального тестирования. Однако, поскольку анализ результатов позволяет определять не только оговоренные, но и другие характеристики, представляющие интерес для оценки профессиональных качеств, они могут приме-

няться для проведения различных сопоставлений, независимого контроля и т.д. Тестирование и, особенно, обработка результатов и вынесение заключения, должны проводиться специалистом по инженерной психологии с достаточным опытом применения проективных методов исследования.

**Исследование способности к интуитивному ощущению единства формы представления и содержания контролируемой ситуации и определения тенденций ее развития.**

*Пояснения методики.* Исходный материал слабо структурирован, что создает для испытуемого альтернативу: изменить ли организованность в соответствии с наметившимися закономерностями, т.е. действовать «настроившись» на предъявляемые данные, либо переорганизовать их в соответствии с личными установками, мотивацией и т.п. Исходная структурированность рассматривается как задающая некоторый калибровочный инвариант, форма — ОМ, принадлежащая  $Sp^-$ , ее индивидуальная интерпретация (эмоциональная реакция, вербальная трактовка) — как структура  $Sp^+$ , которая, если испытуемый обладает способностью к интуитивному восприятию, образует вместе с ОМ аппарат ТС. Признаком этого является одинаковость калибровочных инвариантов ОМ и личной интерпретации, что и проверяется при анализе выполнения задания: если испытуемый выбирает первый вариант действий, то он изменяет только начальную калибровку в результате интуитивного восприятия, если же он переорганизовывает материал, то это означает смену инвариантов и, следовательно, отсутствие интуитивного восприятия.

*Требования к предъявляемому материалу.* Используются тесты «Незаконченный рассказ» и «Незаконченный рисунок». Необходимо подбирать достаточно прозрачные, невычурные и несложные серии сюжетов с угадываемым завершением (например, такие, как на рис. 8.5), допускающим применение различных выразительных средств, не требующих специальных навыков. От серии к серии организованность материала должна изменяться, что позволит оценить «порог чувствительности» испытуемого. Кроме того, серии должны содержать средства воздействия на различные каналы восприятия и распознавания (логический, образный; эмоциональный, рациональный; форма, цвет и т.п.), что позволит определить, относится ли испытуемый к художественному или мыслительному типу.

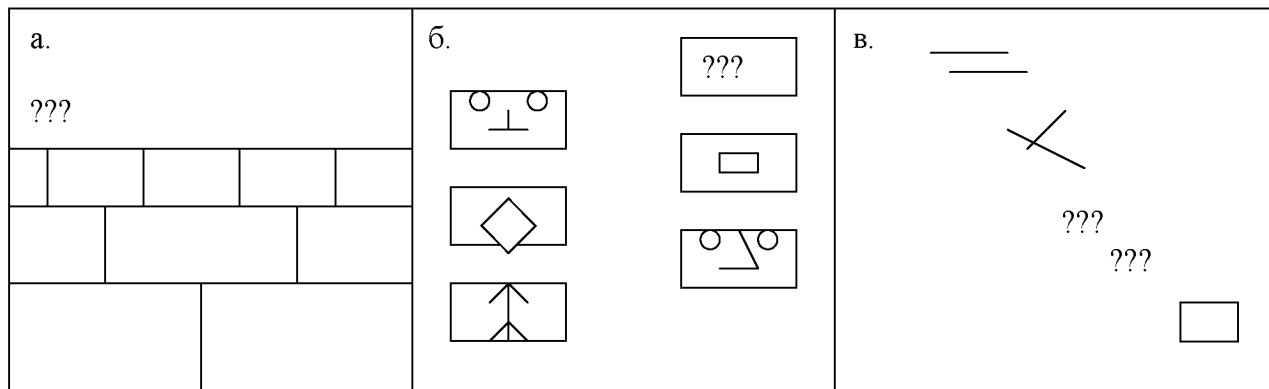


Рис. 8.5. Примеры материалов к тесту «Незаконченный рисунок»

*Инструкция.* Экспериментатор предъявляет несколько серий сюжетов или рисунков и объясняет, что испытуемый должен завершить их так, как это представляется ему целесообразным, используя цветные или черные карандаши. Серии предъявляются в порядке ослабления структурированности; рекомендуется предъявлять 5-8 серий. Время выполнения задания жестко не ограничивается, но оговаривается, что оно не может быть слишком большим. Заполненные испытуемым карточки служат материалом для анализа; результаты и рекомендации впоследствии сообщаются испытуемому.

*Обработка результатов.* В соответствии с количеством ошибочных ответов (отказ, немотивированное структурой исходного материала завершение, слишком большое время выполнения задания) проставляется оценка 1-5 баллов, вычисляемая как среднеарифметическая по выполнению всех заданий, либо как средневзвешенная, если задания неравнозначны. В сомнительных случаях возможно собеседование с испытуемым с целью выявления его интерпретации сюжета, эмоциональной оценки, самооценки завершения как инварианта или калибровки и т.д.

В дальнейшем выполняется статистическая обработка и приведение к диапазонам баллов (табл. 8.1).

**Таблица 8.1.** Эмоциональные значения таблиц Роршаха (по данным Кенни, [13])

№ таблицы	Оценка
1	уродливый, грязный, жестокий, огромный, сильный, грубый, активный, гневный
2	счастливый, сильный, активный, быстрый
3	хороший, чистый, счастливый, активный, легкий, быстрый
4	плохой, грязный, жестокий, сильный, тяжелый, медленный, очень жесткий, мужского типа
5	легкий, активный
6	большой по размеру
7	хороший, красивый, чистый, счастливый, легкий, хрупкий, миролюбивый, женственный
8	чистый, активный
9	сильный, активный, горячий
10	хороший, красивый, чистый, счастливый, легкий, активный, быстрый

### **Исследование способности к выделению главных факторов и к отбрасыванию несущественных обстоятельств.**

*Пояснения методики.* Используются 10 таблиц Роршаха [13]; инструкция, бланк испытания и кодировка ответов соответствует общепринятой. В ходе собеседования следует попросить испытуемого дать оценку ощущений, возникающей при осмотре каждой из таблиц. При интерпретации результатов особое внимание следует обращать на объективную обусловленность интерпретаций закономерностями гештальтпсихологии. Следует подчеркнуть, что разбор результатов должен выполняться квалифицированным психологом.

*Требования к материалу.* Таблицы обязательно должны быть и черно-белыми, и цветными. Бланк испытаний должен быть заранее подготовлен.

Необходимо иметь хронометр, позволяющий фиксировать время работы испытуемого с каждой из таблиц.

*Инструкция.* Испытуемый должен дать одну или несколько интерпретаций предъявляемым изображениям (рис. 8.5), а также их эмоциональную оценку.

Время выполнения задания не ограничивается, но фиксируется экспериментатором. Отмечается, было ли время размышления над цветными таблицами большим, чем для черно-белых таблиц.

Необходимые уточнения мотивировок или деталей производятся в ходе последующего собеседования.

*Обработка результатов.* При оценке интерпретаций испытуемого обращается внимание на то, построены ли они на главных или второстепенных деталях таблиц, а также на принцип объединения пятен в единое целое (антропоморфные, зооморфные и др. ассоциации, закономерности гештальтпсихологии, геометрические правила — в порядке убывания приоритетов).

Отказ от интерпретации, ее задержка или интерпретация, основанная на второстепенных деталях, а также чрезмерное разнообразие принципов интерпретации, являются основанием для снижения общей оценки.

Как и в предыдущем случае, при выставлении оценок учитываются сложность предъявляемых испытуемому пятен, а также приоритетность принципов интерпретации. При проверке «стандартности» эмоциональных оценок, сравнения следует проводить с данными табл. 8.1.

**Проверка адекватности, быстроты, силы и точности реакций на нарушение условий целостности.**

*Пояснения методики.* Используется тест «Исправить рисунок» (вариант теста «Незаконченный рисунок»). Предъявляются серии рисунков с неуравновешенной, непропорциональной, незавершенной или неправильной композицией. Испытуемый должен быстро и не задумываясь исправить их, перемещая, добавляя или стирая элементы, изменяя ориентацию и размеры и т.д. до тех пор, пока, по его мнению, рисунок не станет эстетически совершенным.

*Требования к материалу.* Используются простые геометрические рисунки, по виду близкие к предложенным ранее графическим кодам (рис. 8.6), требующие, однако, разного количества исправлений. Необходимо применять карточки достаточно большого формата, позволяющие точнее оценить точность действий испытуемого. Следует подготовить и черно-белые, и цветные рисунки, и, соответственно, черные и цветные карандаши, а также хронометр.

*Инструкция.* Предъявляются две серии по 5 черно-белых и цветных рисунков. При объяснении задания необходимо подчеркнуть, что исправления должны вноситься спонтанно, «по наитию», без размышления, в условиях фиксации времени ожидания ответа, и, отдельно, времени выполнения задания. Кроме того, следует уточнить, что испытуемый должен внести все необходимые, по его мнению, исправления, не останавливаясь на полпути из

соображений экономии времени. В протоколе фиксируется время ожидания и время выполнения каждого из заданий.

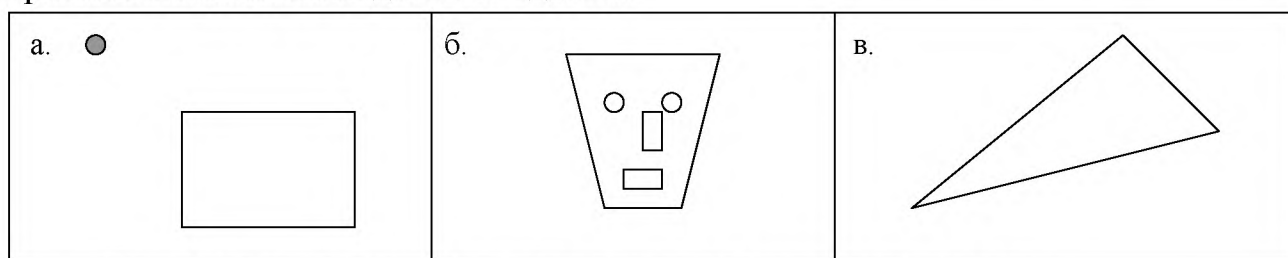


Рис. 8.6. Примеры материалов к тесту «Исправить рисунок»

*Обработка результатов.* Основанием для определения оценки (как и в предыдущих случаях, вначале по пятибалльной шкале) является успешность выполнения этой работы и ее продолжительность; отказ, недостижение конечного результата, слишком большое время ожидания (ориентировочно — больше 1-2 с.) приводят к снижению оценки. Конкретно, адекватность реакции оценивается по соответствию результатов законам композиции, сила реакции — по количеству внесенных изменений, точность — по нюансам расположения и ориентации исправлений. Далее производится перерасчет в соответствии с баллами, указанными в табл. 8.2.

Отмечается, отличается ли время ожидания и выполнения задания для черно-белых и цветных рисунков сопоставимой сложности.

Таблица 4. 2. Контролируемые свойства и методы их проверки

Уровень	Оценки	Свойство	Методы
1	100-162	ощущение единства формы и содержания и определение тенденций их развития	«Незаконченный рассказ», «Незаконченный рисунок»
2	62-99	выделение главного, отбрасывание второстепенного	Роршаха
3	38-61	адекватность и точность реакции на нарушение целостности	«Исправить рисунок»
4	24-37	ощущение пространственно-временной организованности	«Дерево», «Слон», «Дом»
5	15-23	стойкость к «цветовому шоку», различение основных цветов и оттенков	Роршаха, «Исправить рисунок»

### Проверка способности к ощущению пространственно-временной организованности.

*Пояснения методики.* Используются тесты «Дерево», «Слон», «Дом» и т.п. Испытуемый выполняет рисунки на заданные темы на прямоугольных листах; исходя из их расположения, детализации, пропорций, композиционных принципов, определяются эмоциональные характеристики, активность-пассивность, пространственно-временные предпочтения.

*Требования к материалу.* Поскольку существенным моментом является оценка гармоничности выбранных испытуемым пропорций, не следует использовать тесты типа «Несуществующее животное» и подобные.

*Инструкция.* Рисунок выполняется черным карандашом. Время выполнения не ограничивается. При анализе результатов не следует, учитывая разную подготовленность испытуемых, фиксировать технические погрешности

рисунков. Для отслеживания динамики изменения состояний испытуемого тесты должны повторяться неоднократно.

*Обработка результатов.* В соответствии с рис. 8.3, лист бумаги рассматривается как модель субъективного (сенсорного) пространства-времени испытуемого. Расположение рисунка в тех или других частях листа свидетельствует о проявленности соответствующих переживаний [49, 94], содействующих или затрудняющих восприятие организованности СОИ. Неуравновешенность расположения, использование необычных ракурсов, нерасчлененность (или, наоборот, излишнее внимание к отдельным деталям), непропорциональность элементов, отсутствие единства стиля, монотонность или чрезмерное разнообразие композиционных приемов, слишком большое затраченное время показывают развитие ощущения организованности. Оценка (1-5 баллов, затем пересчитанная согласно табл. 8.2) должна учитывать обе группы факторов.

#### **Проверка стойкости к «цветового шоку».**

*Пояснения методики.* Используются результаты измерения времени ожидания для таблиц Роршаха и теста «Исправить рисунок». Сопоставляется время, затраченное для работы с черно-белыми и цветными материалами.

*Требования к материалу.* Необходимы черно-белые и цветные таблицы и рисунки, а также хронометр (или протоколы уже проведенных испытаний).

*Инструкция.* Не отличается от инструкций для указанных тестов.

*Обработка результатов.* Оценка (1- 5 баллов, затем пересчет) представляется исходя из сравнения времени ожидания и числе отказов для цветных и черно-белых таблиц и рисунков. Увеличение времени и рост числа отказов, (как отказ расценивается также существенное (в два и более раз) увеличение времени) влекут за собой снижение общей оценки.

**Составление психологического портрета.** Приоритетность исследуемых качеств определяется их соответствием уровням восприятия согласно МЧС; они же определяют диапазоны балльных оценок. Соответствующие данные увязаны с масштабом условных единиц потенциала, использованным во 6-й и 7-й главах, приведены в табл. 8. 2.

Последующая обработка результатов производится в ходе составления психологического портрета испытуемого с разбивкой по уровням восприятия, и с проставлением суммарных оценок так, как это описано в главе 7.

Рассчитывается условная оценка профессиональных показателей:

$$X_s = \sum_{k=1}^5 X_k , \quad (8.4)$$

где  $X_k$  — оценки для каждого из уровней, определяющая общее заключение о развитии профессиональных качеств:

239 <  $X_s$  < 278 — «плохо»;

279 <  $X_s$  < 334 — «удовлетворительно»;

334 <math>X\_s < 382</math> — «хорошо».

Для их более точной градации по каждому из уровней вводится оценка гармоничности показателей, определяемая путем сравнения  $X$  с расчетным значением оценки, исходя из  $X_s$

$$X_{sk} = X_s \cdot \Phi^{k-1}, \quad (8.5)$$

и оценка соответствия групповым показателям, определяема путем сравнения индивидуальных баллов со среднестатистическими баллами для данной группы или контингента. Для наглядного представления психологического портрета целесообразно использовать диаграммы типа показанных на рис. 8.7.

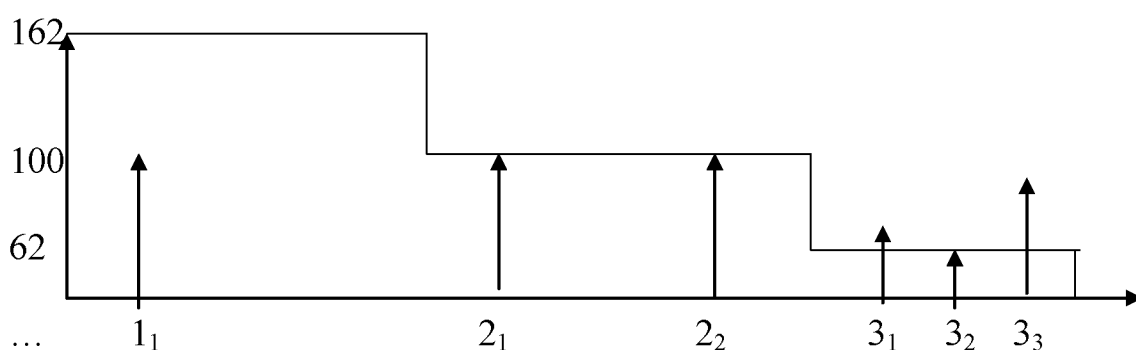


Рис. 8.7. Диаграммное отображение уровня психических качеств

При этом:

- составляющие суммарного вектора психологических характеристик разворачиваются на плоскость;
- вдоль оси абсцисс откладываются номера уровней и показателей, вдоль оси ординат — длины векторов;
- ломанная отображает расчетные значения показателей и их относительные веса;
- расположение концов векторов над или под ней — степень развития отдельных качеств;
- количество совпадений концов с точками ломаной — определяет меру гармоничности и т.д.

Анализ этих диаграмм позволяет сделать заключение о профессиональной готовности оператора для работы с ИСОИ, а также дать индивидуальные рекомендации для дальнейшего обучения.

Например, отклонение оценки гармоничности в меньшую сторону показывает, что развитию данного качества следует уделять первостепенное внимание в ходе обучения. Целесообразно также провести корреляцию с культурным уровнем испытуемого (интересуется (активно увлечен и т.д.) ли он литературой, живописью, прикладным искусством и т.п.). Это позволит конкретизировать рекомендации по устранению выявленных недостатков и будет стимулировать повышение культурного уровня уже как средства про-



фессиональной подготовки, содействуя таким образом гуманизации труда оператора [60].

Подчеркнем, что в отличие от определения эстетической оценки, в данном случае неудовлетворительное выполнение любого задания по окончании обучения служит основанием для недопуска оператора к работе с ИСОИ.

**Использование компьютерных средств** целесообразно для:

- сохранения и предъявления материалов, используемых при тестировании (рисунки, таблицы, бланки, инструкции и т.п.);
- тестирования, сканирования и сохранения ответов испытуемых;
- облегчения и ускорения интерпретации результатов тестирования;
- статистической обработки результатов;
- формализации и облегчения процедуры вынесения заключения;
- хранения контрольных ответов, групповых и индивидуальных оценок и заключений и т.п.

Исходя из этого комплекс компьютерных средств должен включать:

1. Персональные компьютеры (в количестве, равном числу испытуемых), объединенные в простую сеть под управлением с компьютера специалиста, проводящего исследование;

2. Сканеры;

3. Графопостроитель и принтер (или только принтер) для создания твердых копий результатов графической обработки данных;

4. Комплект программного обеспечения в составе: программы управления базой данных; драйверов сканеров, принтеров и графопостроителей; программ управления сетью; программ, обеспечивающих поддержку процедур тестирования; программ интерпретации результатов; программ статистической обработки; текстовых и графических редакторов, обеспечивающих работу с базой данных, внешними устройствами и используемыми документами.

Естественным требованием является совместимость с предложенным в седьмой главе комплексом средств обеспечения сбора предпроектной информации и автоматизации проектирования ИСОИ и ОУ.

## 8.2. Оценка трудоспособности оператора

**Постановка задачи.** В отличие от предыдущего параграфа, акцент делается не на разработке графических способов представления данных, а на *исследовании процедур измерения и выбора показателей, их корреляции, Расчета допустимых значений на основе МЧС.*

**Выбор показателей и методик измерения.** Сложность проблемы видна уже из терминологического разнобоя — характеристика и ее аналоги (производительность, утомляемость и др.) у разных авторов понимается по-разному [44, с.3-8]. Симптоматично также отсутствие общепринятой методи-

ки, позволяющей выбрать, измерить и обработать показатели, объективно характеризующих это качество. В [44, с.5,88] констатируется: «При исследовании человека с целью изучения утомления используется большой комплекс методик (только общих — 8-12; с вариациями — несколько десятков), что чрезвычайно усложняет исследование» и «Нет четко сформулированных принципов определения работоспособности по показаниям функционального состояния человека».

Итак, используется неоднородный набор методик, в котором можно выделить следующие группы:

- универсальные и специализированные методики;
- методики, основанные на измерении физиологических показателей (например, электрической активности мозга, сердечной деятельности и др.);
- методики, основанные на определении субъективных мотиваций и ощущений усталости, и некоторые другие.

Имеется тенденция применять разные показатели для лабораторных (тренажерных) исследований и измерений в условиях производства. Например, в [61, с.9,11] делается вывод: «Для целей оперативной диагностики психофизиологических функций человека в сложных условиях придется, по-видимому, отказаться от использования таких традиционных показателей, как электроэнцефалография и кардиография, хотя ценность их на первичном этапе обучения несомненна». Там же предлагается включать в симптоматический комплекс следующие физиологические параметры: характеристики сенсорных анализаторов, электрической активности мозга, сердечной деятельности, кожно-чувствительного рефлекса, частоты и глубины дыхания, электрической активности мышц и движений моторных органов. В нормативный комплекс для тренажеров, по мнению авторов, могут входить: время обнаружения сигнала, пропуска сигнала и «ложной тревоги», скорость переработки информации, вероятности правильного и ошибочного решения, точность и устойчивость работы, частота и амплитуда управляющих движений и способность экстраполяции.

Поэтому при обработке данных и построении моделей физиологических процессов возникают проблемы *отбора репрезентативных показателей и методик, корректной организации процесса измерения, определения единиц измерения, весов и взаимного соответствия показателей, представления данных, сокращения числа экспериментов*. Можно заметить, что они сводятся к пониманию организации, эволюции и описания целостной открытой системы, включающей неоднородные компоненты, т.е. совпадают с предпосылками построения волновых моделей С-пространства, затрудняя, одновременно, использование классических математических методов [58, с.5-8]. Поэтому применение моделей С-пространства оказывается полезным, позволяя внести некоторый порядок в «хаос» показателей и методик.

Если дать геометрическую интерпретацию возникающим проблемам в рамках МЧС, получим следующую картину:

1. *Выбор группы репрезентативных показателей* — определение уровней организации, задействованных в процессе работы оператора;
2. *Условия измерения* (измерение в лабораторных условиях и на производстве; выбор интервалов измерения; корреляция, показателей измеряемых с определенными интервалами), а также точность измерений — открытость  $Sp$ ; его эволюция под действием внешних факторов; изменяемость координатной системы и  $C$ - множеств и элементов в процессе эволюции и самого акта измерения, сохранение инвариантов при переходах  $Sp \leftrightarrow OM$ , метризация  $OM$ .

Недопустимость игнорирования «факторов измерения» подтверждает, например, неодинаковость корреляций между субъективными и объективными показателями утомления в лабораторных условиях ( $r=0.99$ ) и при измерениях на рабочем месте ( $r=0.2-0.3$ ) [44, с.16].

3. *Ранжирование показателей* — определение весовых коэффициентов в соответствии с уровнями организации;
4. *Сокращение количества экспериментов и измерений* — калибровка и расчет МЧС, их детализация, использование  $OM$  разных типов;
5. *Корреляция разнокачественных показателей* между собой и использование их для построения моделей физиологических процессов, характеризующих изменение состояния оператора в условиях стресса — отношения симметрии и гармонии компонентов МЧС, определение динамики изменения потенциала и прочих характеристик, отслеживание их распределения между уровнями и структурами, согласованность их изменений исходя из условий целостности.

**Пример.** Покажем, как решается проблема выбора показателей и организации измерения по одной из методик определения *интегрального показателя трудоспособности  $K_{ин}$* , а затем дадим ей геометрическую интерпретацию.

Этот показатель применяется для независимого контроля деятельности операторов различных профессий и в качестве косвенной оценки эргономичности оборудования. Описывая методику его вычисления, будем следовать [44], предварительно отметив, что существуют и другие подобные показатели (например, [5, с.110]).

Итак, по мнению авторов, в основу  $K_{ин}$ , определяющего уровень и физической, и умственной работоспособности, следует положить оценку состояния центральной нервной системы, как показательную для функционального состояния всех органов и систем организма. Покажем последовательность его расчета  $K_{ин}$ .

Измерение показателей производится для подобранных выборок, включающих не менее 12 операторов. Замеры производятся до начала смены, через час после начала, за час до обеда, за 1.5 часа до конца смены и после окончания работы. Проводятся четыре эксперимента, в ходе которых определяются:

**1. Критическая частота слияния световых мельканий**, характеризующая лабильность нервных процессов в коре больших полушарий мозга.

*Измерительный прибор* состоит из регулирующего устройства и импульсатора (трубка длиной 350 мм и диаметром 20 мм, снабженная окуляром и источником световых импульсов).

*Инструкция.* Частота мельканий задается экспериментатором посредством регулирующего устройства с точностью до 0.1-0.2 Гц в режимах увеличения и уменьшения частот. Испытуемый через окуляр наблюдает за появлением световых импульсов. Фиксируются два критических значения частоты: по прекращению мельканий, когда, при увеличении частоты, испытуемый перестает различать отдельные импульсы, воспринимая их как единое целое, и по появлению мельканий, когда, при уменьшении частоты, испытуемый начинает различать отдельные импульсы, сообщая об этом экспериментатору словами, соответственно, «Стоп» и «Есть». Эти данные заносятся в протокол.

*Контрольные значения.* По данным Е. Гранджан, З.М. Золиной, Е.Д. Деревянко, индивидуальный диапазон различения мельканий колеблется в пределах 26-42 Гц (отметим, что отношение верхнего предела к нижнему  $\approx \Phi$ ); изменение за смену не должно превышать 3 Гц.

**2, 3. Сила мышц и статическая мышечная выносливость**, характеризующие возбудимость и силу нервных процессов в коре больших полушарий головного мозга.

*Прибор.* Используется динамометр давления с электрическим преобразователем.

*Инструкция.* Фиксируются и заносятся в протокол:

а. Однократное усилие сжатия правой руки в позе стоя;

б. То же для левой;

в. Время удержания 50% от максимального усилия в статическом положении (не менее 10 с.) и остаточное усилие дожима.

*Обработка.* Сравнивая полученные значения (они весьма переменны для каждого из испытуемых), полученные в ходе пяти измерений, и проводя их статистическую обработку, получают: индивидуальные и групповые показатели утомляемости, характеристики напряженности условий труда.

**4. Время реакции на световой импульс**, характеризующее возбудимость коры больших полушарий головного мозга.

*Прибор.* Используется двухкнопочный световой генератор, снабженный электросекундомером.

*Инструкция.* Экспериментатор нажимает кнопку подачи света, запуская тем самым и секундомер; испытуемый нажимает другую кнопку, выключая свет и останавливая секундомер. Импульсы света подаются через неодинаковые интервалы в пределах 1-4 с.; после каждого измерения секундомер устанавливается на 0. Разница показаний определяет время реакции, заносимое в протокол. Вычисляется среднее время по результатам 10 испытаний. Предварительно проводится обучение: трижды выполняется тест сериями по 10 импульсов через 10 с.

*Обработка.* Изменение индивидуальных и групповых показателей от измерения к измерению позволяет судить, по данным М.Г. Бабаджанян, А.И. Устиновой, В.И. Рождественской, о динамике возбудимости коры полушарий, об индивидуальных вариациях процесса нарастания утомления для различных условий труда.

На основе методов непараметрической статистики Е.А. Довженко, для каждого из четырех испытаний вычисляется обобщенный показатель изменения функционального состояния  $K_{об}$  в условных единицах:

$$K_{об} = \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta + \gamma}, \quad (8.6)$$

где  $\alpha$ - количество случаев, когда значение показателей не изменялось по сравнению с показателями до начала работы (исходный фон);

$\beta$ - количество случаев улучшения показателей;

$\gamma$ - количество случаев ухудшения показателей.

$K_{об}$  может принимать значения в диапазоне  $+1 \div -1$ ; отрицательные значения свидетельствуют о нарастании утомления. Для операторов наиболее чувствительной оказывается методика измерения критической частоты слияния световых мельканий, затем статической мышечной выносливости, реакции на свет (или звук), силы кисти рук. Соответствующие средние значения  $K_{об}$  составляют, по окончании смены,  $-0.41, -0.26, -0.22, -0.19$ .

Далее рассчитывается  $K_{ин}$ :

$$K_{ин} = \frac{\sum K_{об}}{m}, \quad (8.7)$$

где  $m$ - количество используемых методик (в данном случае - 4).

Теперь рассмотрим, разрешаются ли проблемы 1-5 при использовании данной методики.

1. Полагая, что лабильность  $K_{об}$  определяется потенциалом соответствующего уровня организации (чем выше потенциал, тем меньше лабильность), а также то, что принадлежащие одному слою структуры не могут отличаться больше, чем в 1:Ф раз (положение 6.4), определим, что показатели относятся к двум уровням. Такой набор можно считать репрезентативным лишь в том случае, когда деятельность оператора протекает в основном на этих уровнях. Далее, между ними показатели распределяются в соотношении 1:3; тогда как число показателей, характеризующих последующий уровень должно быть большим, чем для предыдущего (например, 2:1, 5:3 и т.д.), т.к. он больше дифференцирован.

2. В данном случае измерения проводились в производственных условиях, поэтому нет возможности провести корреляцию с лабораторными данными. Результаты сравнения показателей представителей разных профессий свидетельствуют об однонаправленности их изменений, т.е. методика соот-

ветствует правильно выбранной координатной системе и правильно организованной процедуре измерения.

3. Ранжирование показателей, как это видно из (8.7), не проводилось.

4. Не исследовалась возможность построения модели работоспособности, и расчета показателей на ее основе; поэтому необходимое количество измерений весьма велико —  $12 \cdot 5 \cdot (10 + 2 + 2 + 10) = 1440$ .

5. Корреляция разнокачественных показателей между собой и использование их для построения моделей физиологических процессов не проводилась; тем самым возможности исследования работоспособности на разных уровнях, построения моделей физиологических процессов, а также их увязки с внешними условиями, не была реализована. Соответственно, нет возможности дать обоснованные рекомендации по созданию более благоприятных условий труда.

Указанных недостатков не устраняет и учет дополнительных показателей: точности реакции на движущийся объект и результатов измерения ритмов сердца (частота, давление) с вычислением по методике Кротова или Бавевского [8], величин среднединамического давления, периферического сопротивления сосудов, ударного и минутного объемов крови, и прочих вегетативных показателей, выполняемый без разбивки по уровням, ранжирования и т.д., т.е. так, как это предлагается авторами [44, с.101-105].

**Применение МЧС при определении показателей работоспособности.** Рассмотрим, какие предсказания и рекомендации относительно исследования работоспособности по проблемам 1-4 (5-я, ввиду ее сложности, выносятся в отдельный параграф) следуют из анализа МЧС.

МЧС интерпретируется (рис. 8.8):  $Сп^+$  — как система измеряемых показателей;  $Сп^-$  — как совокупность средств измерения, включая координатную систему; воздействия  $С$  и  $О$  — как, соответственно, совокупность наблюдений и методик, а также внешних условий измерений.

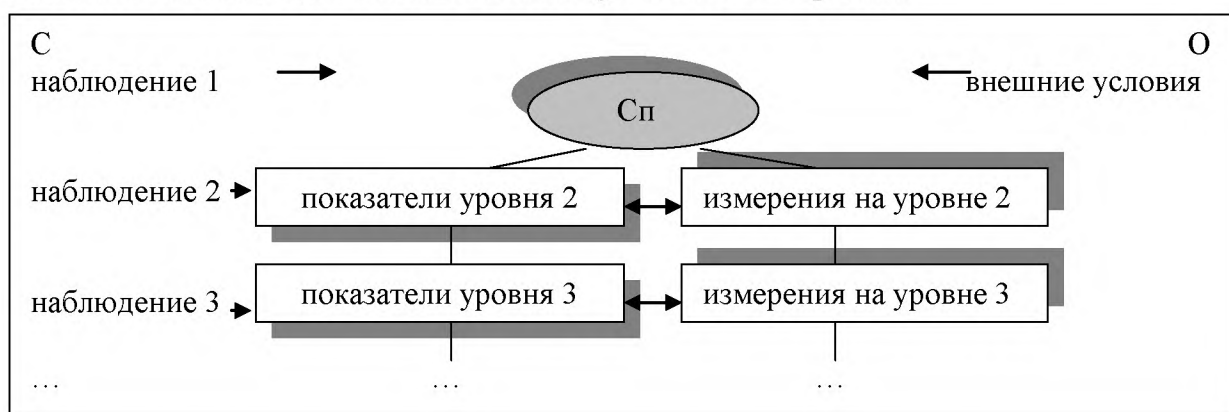


Рис. 8.8. Моделирование измерений с применением МЧС

Тогда:

- самоорганизация  $Сп$  определяет выбор показателей и средств измерения (количества уровней, характеристик, показателей, независимых методик комплекса, соответствующих какому-либо ви-

ду деятельности, будут равны числам Фибоначчи; количество наборов определится числом исследуемых видов деятельности);

- аксиомы измерения определяют возможную точность процедуры измерения, а требования к координатной системе и совокупность воздействий  $S$  и  $O$  — корректность условий измерения и возможность сопоставления результатов;
- условия целостности определяют ранжирование, приоритетность, весовые коэффициенты, а также репрезентативность и лабильность показателей и возможность их расчета.

**Выбор репрезентативных показателей** осуществляется в следующей последовательности:

1. Проводятся предварительные исследования с целью определить характер основной деятельности оператора и состав задействованных уровней организации. Строится соответствующая РС- диаграмма.

Следует подчеркнуть, что характер деятельности и состав уровней зависят от многих факторов и должны определяться для конкретных систем. Например, обе СОИ КТС относятся к одному классу, однако в исходном варианте не задействовано интуитивное восприятие и не производится управление эмоциональным состоянием (т.е. используются 3 уровня), тогда как в предлагаемом — 5. Поэтому применение для оценки работоспособности оператора показателей и методик, ориентированных на исходный вариант, привело бы к некорректности сопоставлений.

2. В соответствии с прогнозируемыми параметрами, определяется и уточняется количество измеряемых показателей для каждого из уровней.

3. Осуществляется подбор адекватных методик.

4. Проблема специализации и универсализации решается исходя из следующих соображений:

- универсальным (групповым) показателем для специализированных (единичных) показателей, интерпретируемых как наборы характеристик  $S$ - элементов, будет набор характеристик их  $S$ -множества. Принадлежность  $S$ - элементов определяется согласно РС- диаграмме. Подчеркнем, что групповой показатель не будет сводиться к механической сумме единичных. Соответственно различаются и методики;
- детализация измерений, т.е. использование группового или совокупности единичных показателей, определяется задачами исследования. При этом следует иметь в виду большую лабильность единичных показателей.

**Условия измерения** включают:

1. Выбор координатной системы ( $K_c$ ) в соответствии с аксиомами 4.1 и 4.2 [4, с.80] вместо метрических аксиом  $E''$ . Здесь возникает дилемма: необходимость достижения точности требует выбора чувствительной, т.е. изменчивой  $K_c$  и соответствующих средств измерения, тогда как необходимость

сопоставления результатов, полученных в разное время и в разных условиях — наоборот, постоянной  $K_c$ . Отсюда следует

**Рекомендация 8.1.** *Необходимо выбирать  $K_c$  так, чтобы при проведении повторных измерений имелась возможность ее «настройки», т.е. приведение в состояние, приближенное к исходному, т.е. соблюдалась аксиома 3.9. [58, с.60].*

Далее, необходимо сохранять баланс внешних условий и используемых методов измерения. Отсюда следует не только обычное требование проведения экспериментов в одинаковых условиях и на основании одинаковой методики, но и следующее положение:

**Рекомендация 8.2.** *При невозможности обеспечить одинаковые условия экспериментов, необходимо корректировать набор применяемых методик по мере их изменения исходя из условий целостности.*

2. Изменяемость характеристики вследствие акта измерения приводит к неадекватности измеренных данных реальным характеристикам процессов. Это выражается в потере чувствительности приборов в результате изменения масштабности процессов, в качественном изменении характера исследуемых явлений, и ведет к их искажению и непониманию. Поэтому необходимо:

**Рекомендация 8.3.** *Для обеспечения корректности процедуры измерения необходимо минимизировать ее влияние на измеряемую характеристику за счет:*

- *применения средств измерения, не нарушающих обычных производственных условий;*
- *использования системы внешних компенсаций изменений, происходящих вследствие измерения;*
- *изменения набора средств измерения по мере изменения исследуемой характеристики, исходя из условий целостности.*

3. Развитие исследуемого процесса может привести к изменению количества его независимых характеристик. Поэтому:

**Рекомендация 8.4.** *Необходимо обеспечить возможность изменения количества применяемых методик в зависимости от появления новых характеристик по мере развития исследуемого процесса согласно с условий целостности.*

4. Следует иметь в виду, что и при соблюдении рекомендаций 8.1-8.4, точность измерения ограничена теоретическими условиями, приведенными в [58, с.89-90].

**Ранжирование** измеренных показателей обеспечивается посредством:

1) приведения разнокачественных показателей к однородным единицам измерения, характеризующим какое-либо общее их следствие (как для  $K_{об}$  и  $K_{ин}$ ), которое можно связать с потенциалом, и приписывания показателям весовых коэффициентов, производных от потенциала.

2) определения специфической связи каждого конкретного показателя с потенциалом, затем определение соответствующего весового коэффициента.



**Замена экспериментальных данных расчетными** возможна тогда, когда после статистической обработки результатов становится ясной связь базовой гипотезы, описывающей развитие исследуемого процесса, и одного из сценариев организации  $Sp$ . Необходимо:

1. Ранжировать характеристики по слоям.
2. Определить количества и состав неизмеренных характеристик.
3. Рассчитать по формулам, приведенным в третьей главе, их относительные значения.
4. Определить связь измеренных величин с потенциалами.
5. Произвести калибровку и определить абсолютные значения неизмеренных показателей.

Примеры такого расчета (пределы времени интенсивной работы оператора, возможный прирост производительности труда при проведении эргономических мероприятий и т.д.) приведены в 6-й главе.

Возможно применение полученных данных для проверки базовых гипотез, определения индивидуальных отклонений показателей от расчетных значений и т.д.

**Координация изменений показателей. Постановка задачи.** Выяснение закономерностей координации показателей при развитии психофизиологических процессов — чрезвычайно сложная задача. Причины заключаются в большом количестве и разнокачественности показателей, что отражает сложность человека как психофизиологической системы. Не просматривается надежды на достижение в обозримом будущем не только понимания сути процессов, но даже выявления всех координаций. Сказанное относится и к частной задаче исследования саморегуляции в деятельности оператора.

Тем не менее, закономерности системной организации имеют место, следовательно, использования МЧС правомерно для определения механизмов координации, а также прогноза развития процессов адаптации правомерен. Рассмотрим, какими средствами располагают ОМ для описания механизмов координации показателей, а также прогноза развития процессов адаптации и патологии.

Поскольку, согласно положений параграфа 6.1, организация и состояние динамического равновесия оператора и производственной среды описываются как структуры и обмена МЧС, то:

**Положение 8.5.** *Условиями координации показателей жизнедеятельности являются условия целостности как МЧС в целом, так и  $Sp^+$  в частности.*

Вследствие внешних воздействий возможно:

- изменение значений вектора характеристик компонентов  $Sp^+$  без изменения его организации;
- изменение и значений вектора характеристик, и организации  $Sp^+$ .

Первый процесс описывается как изменение только калибровки компонентов (возможно, и  $Sp^+$  в целом). Ему соответствуют изменение модально-

стей состояния (возбуждение ( , угасание ) , но не исчезновение ↓) и сохранение модальности актуального существования С- множеств и С- элементов.

Для второго процесса, который может рассматриваться как качественно иное продолжение первого, характерна структурная перестройка организации  $Сп^+$ , т.е. изменение не только калибровки вектора характеристик, но и модальностей существования, следовательно, и РС- диаграммы  $Сп^+$ .

Таким образом, из условий стабильности организации системы (положение 6.4.) следуют ограничения процессов адаптации, развития патологии и регенерации:

**Ограничение 8.6.** *Пределами адаптации структур какого-либо уровня к воздействиям окружающей среды являются изменения потенциалов показателей жизнедеятельности в пределах, не приводящих к развитию процессов расслоения или свертки, т.е. в диапазоне  $1 \div \Phi$ .*

В более общем случае, когда процесс адаптации захватывает структуры нескольких уровней, необходимость сохранения целостности приводит к:

**Ограничение 8.7.** *Если для последнего из задействованных в процессе адаптации уровней допустимые пределы изменения показателей удовлетворяют 4. 6., то для предыдущих (1, 2,..., k, считая от последнего) они рассчитываются:*

$$\frac{\pi_{i,n} \cdot i_n}{\Phi^k \cdot i_{n-k}} \div \frac{\pi_{i,n} \cdot i_n}{\Phi^{k-1} \cdot i_{n-k}}, \quad (8.8)$$

где  $i$  - количество элементов последнего слоя  $n$ .

Отсюда непосредственно следуют

**Условие 4.8.** *Условиями, делающими возможным возникновение патологических процессов, является превышение указанных в 8.6- 8.7 пределов.*

**Условие 4.9.** *Условиями, делающими возможной регенерацию, являются внешние воздействия, позволяющие вернуть потенциалы показателей жизнедеятельности в пределы, указанные в 8. 7.*

Как видно из (8.8), даже небольшие изменения потенциала для элементов первых уровней могут вызвать деструкцию элементов последующих уровней. Поэтому следует особо осторожно подходить к организации взаимодействий именно для первых уровней.

Вначале проанализируем согласования, возможные при выполнении (8.8). Напомним, что ввиду нефиксированной связи различных характеристик с потенциалом, изменения показателей даже при согласованном изменении потенциалов структур, могут приобретать различную форму, например, увеличения или уменьшения амплитуд, периодов и др. волновых параметров.

**Механизмы согласования изменений.** Итак, условия целостности определяют механизмы координации объективных и субъективных показателей в пределах этих групп и друг с другом, а достижимая точность согласования определяется условиями измерения.

Рассмотрим, какие механизмы и соответствующие им формы согласований предсказывает МЧС.

**Согласование, основанное на симметрии организации и показателей.** Согласно данным параграфа 6.1, симметричными являются компоненты одного уровня, принадлежащие одному С- множеству, либо разным С- множествам симметричных ветвей  $Sp^+$  (рис. 8.9а,б). В последнем случае симметричные элементы соответствуют друг другу попарно. Пусть симметричные элементы  $p_1, p_2, \dots, p_n$  (пары элементов  $(p_1, p_1^s), \dots, (p_n, p_n^s)$ ) характеризуются наборами показателей  $\{x_1\}, \dots, \{x_n\}, \{x_1^s\}, \dots, \{x_n^s\}$ . Тогда при развитии физиологических процессов следует ожидать одновременного увеличения, уменьшения или сохранения постоянными показателей симметричных элементов или пар:

$$\{sign\Delta x_1\} = \{sign\Delta x_2\} = \dots = \{sign\Delta x_n\} \quad (8.9)$$

$$\begin{aligned} \{sign\Delta x_1\} &= \{sign\Delta x_1^s\} \\ \{sign\Delta x_2\} &= \{sign\Delta x_2^s\} \\ &\dots \\ \{sign\Delta x_n\} &= \{sign\Delta x_n^s\} \end{aligned} \quad (8.10)$$

Примерами согласованности такого рода являются: увеличения глубины дыхания и частоты пульса при росте физической нагрузки, уменьшение частоты ритмов мозга и сердца при погружении в глубокий сон и т.п.

**Согласование, основанное на кососимметричных отношениях.** Этот процесс имеет место для компонентов, относящихся к одному уровню, но принадлежащим кососимметричным ветвям (рис. 8. 10). В этом случае показатели попарно кососимметричных элементов либо остаются постоянными, либо изменяются с разными знаками:

$$\begin{aligned} \{sign\Delta x_1\} &= -\{sign\Delta x_1^s\} \\ \{sign\Delta x_2\} &= -\{sign\Delta x_2^s\} \\ &\dots \\ \{sign\Delta x_n\} &= -\{sign\Delta x_n^s\} \end{aligned} \quad (8.11)$$

Примерами (8.11) являются процессы формирования доминантного очага возбуждения, характеризующегося развитием торможения на периферии, а также ультрапарадоксальные реакции на малые раздражители.

**Согласование, основанное на отношениях принадлежности.** Такое согласование происходит между С- множеством и его С- элементами (рис. 8. 11) и состоит в однонаправленном изменении показателей, соответствующих их общим характеристикам  $\hat{x}$ , т.е. только характеристикам С- множества, как это следует из свойства 3. 8. [58]. Имеем:

$$\{sign\Delta\hat{x}_{1,i}\} = \dots = \{sign\Delta\hat{x}_{n,i}\} = \{sign\Delta\hat{x}_{i-1}\}, \quad (8.12)$$

где  $i$ - номер слоя элементов, а  $i-1$ - номер слоя С- множества.

При этом пределы изменения показателей определяются условиями (8.8).

Возможно, эта схема лежит в основе образования «порогов чувствительности» — накопление изменений в рецепторах первого уровня (С-множество) при превышении пределов (8.8) приводит к качественному изменению состояний рецепторов следующего уровня (С-элементы).

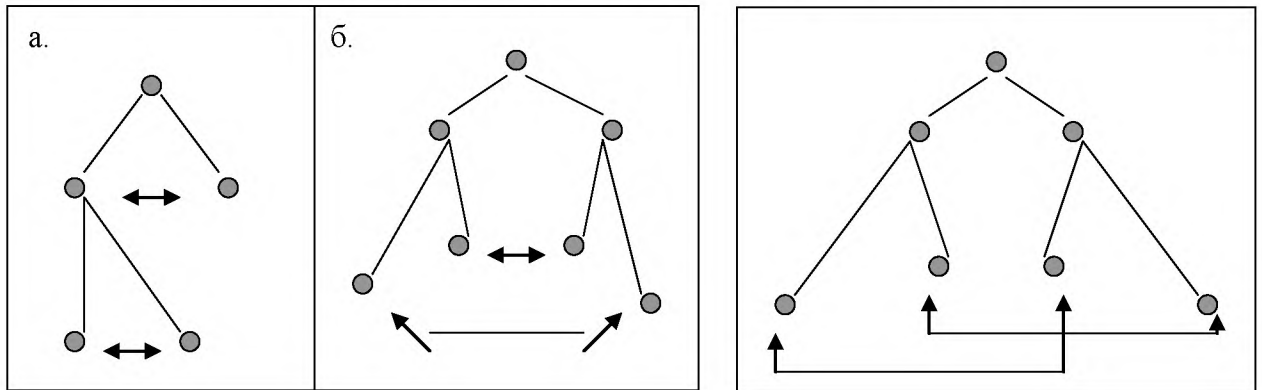


Рис. 8.9. Согласование для симметричных косо-отношений  
Рис. 8.10. Согласование для симметричных отношений

**Согласование, основанное на аксиоме состояния.** Такое согласование является обобщением трех предыдущих. Оно происходит чаще всего, поскольку процессы взаимодействия с окружающей средой затрагивают, как было показано в 6.1, сразу несколько уровней организации даже в том случае, если действует только один внешний фактор (рис. 8.12).

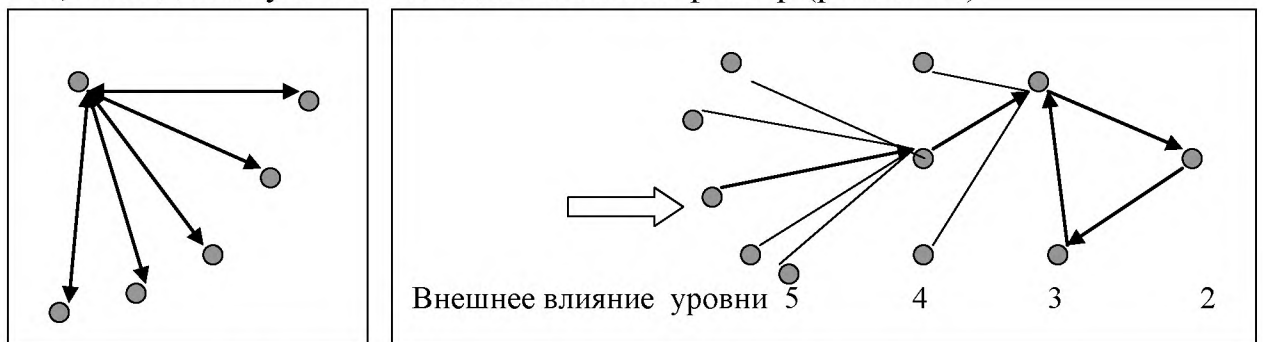


Рис. 8.11. Согласование для отношений принадлежности  
Рис. 8.12. Согласование состояний

Например, результаты мониторинга состояния летчиков в условиях гравитационных перегрузок [61, с.36-40] показывают наличие целого комплекса реакций: зрительных расстройств, изменения хода физиологических процессов, потери сознания. Это сопровождается изменением измеряемых показателей (увеличением времени реакции на све-

товые раздражители, снижением остроты зрения до 0.7 ед., усилением активности  $\beta$ -ритма мозга, затем синхронизации  $\nu$ - и  $\Delta$ -ритмов и ослаблением  $\alpha$ - и  $\beta$ -ритмов, при сохранении постоянными частоты пульса, дыхания, и некоторых других.

Поэтому определение соответствия показателей уровням организации, а также выявления симметричных характеристик, является сложной экспериментальной задачей, облегчить решение планирование которой может приведение показателей к единой мере, анализ их чувствительности и т.д.

Теперь рассмотрим случай выхода за пределы (8.8).

**Согласование, основанное на сценариях расслоения-свертки.** Здесь необходимы внешние воздействия, достаточно сильные для превращения потенциальной возможности изменения модальности состояния  $\downarrow$  в актуальную, или, наоборот, восстановления разрушенных структур  $Sp^+$ , или формирования новых (рис. 6.2). Формально это выразится в изменении параметров  $i$  и  $n$  в (8.9-8.12) и во включении в перечни согласуемых показателей характеристик  $Sp^-$ , т.е. реализации условий целостности для всего  $Sp$ .

Примерами таких согласований являются формирование нейронных цепей условно-рефлекторных связей в ответ на повторяющийся раздражитель, или, шире, процесс адаптации в целом.

### **Примеры. Расчет физиологических и эргономических параметров.**

В последнее время характеристика «золотого сечения» и производные отношения использовались для расчета оптимальных значений и допустимых границ некоторых эргономических параметров. Общее правило формулируется так: «*Благоприятные для человека параметры различных функций его организма могут быть полученные путем деления золотым сечением диапазона между предельно возможными или допустимыми границами соответствующих функциональных характеристик*» [144,с. 348]. Это правило учитывает лишь один из факторов самоорганизации (главы 3,6) и лишь одну из корреляций 1-5; но, поскольку оно хорошо вписывается у положения 8.5-8.9, приведем примеры расчетов.

**Задача 8.1.** Расчет допустимых и благоприятных величин влияния внешней среды по В. И. Коробко [144,с. 247-256].

*Постановка.* Ограничимся расчетом громкости звука и температуры.

*Решение.*

1. Предельным значением громкости отвечает порог слышимости - 0 Дб и болевой порог -  $130 \div 140$  Дб (в зависимости от частоты).

2. Диапазоны громкости определяются, если умножить верхнюю границу на  $\Phi$ ,  $\Phi^2$ ,  $\Phi^3$  и т.д. Например, крику отвечает  $130 * \Phi = 80$  Дб; разговору -  $130 * \Phi^2 = 50$  Дб; шепоту -  $130 * \Phi^4 = 20$  Дб.

3. Нормативные значения безопасного и допустимого шума на рабочем месте  $30-35 \div 85$  Дб, также связаны через  $\Phi$ :  $85 * \Phi^2 = 32,5$  Дб.

4. Предельные значения минимальной и максимальной температуры воздуха на Земле составляют  $-92^\circ\text{C}$  и  $+57^\circ\text{C}$ .

б. Обработывая этот интервал аналогично п.2, получим значения:  $-35^{\circ}\text{C}$  - предельно допустимая для человека отрицательная температура;  $0^{\circ}\text{C}$  - граница отрицательных и плюсовых температур;  $21,6^{\circ}\text{C}$  - наиболее благоприятная для человека температура.

*Комментарий.* Подобные расчеты полезны для уточнения допустимых границ внешних влияний (см. табл.5.1) в случае расхождения экспериментальных данных.

**Задача 8.2.** *Расчет некоторых физиологических параметров* [144,с. 263, 301].

*Постановка.* Приведем расчеты для давления крови и частоты сокращений сердца (ЧСС).

*Решение.*

1. Нормальное систолическое и диастолическое давление составляет, соответственно,  $100 \div 140$  и  $70 \div 90$  мм рт. ст.

2. Их отношения коррелируют с  $\Phi$ :  $100 * \Phi = 61,8$  и  $140 * \Phi = 86,5$ .

3. Максимальное систолическое давление равно  $140 * \Phi^{-1} = 226,5$  мм рт. ст., что хорошо коррелирует с данными медицины (230 мм рт. ст.).

4. Максимальный показатель ЧСС здорового человека составляет 180 уд. /мин.

5. Предельная ЧСС при работе на протяжении изменения без заметного снижения трудоспособности равно  $180 * \Phi = 111,2$  уд. / мин.

6. ЧСС в состоянии покоя равно  $180 * \Phi^2 = 68,8$  уд. / мин.

7. Тренировочный эффект имеет место при ЧСС, равной  $110 + (180 - 110) * \Phi^2 = 144,4$  уд. / мин. Полученные в п. 5-7 значения отвечают экспериментальным данным, соответственно  $110 \div 120$ ,  $60 \div 75$  и 140 уд. / мин.

*Комментарий.* Расчеты физиологических показателей на основе отношения  $\Phi$ , целесообразно использовать для нормирования труда.

**Задача 8.3.** *Расчет поля зрения* [144,с. 351-353].

*Постановка.* Выявить физиологически обусловленные зоны восприятия в диапазоне углов  $0^{\circ} \div 360^{\circ}$ .

*Решение.*

Последовательность интервалов рассчитывается по формуле:

$$F_n = K_1 + K_2 \{ \Phi_n \}, n=1, 2, 3, \dots \quad (8.14)$$

Принимая  $K_1=0$ , имеем расчет следующую последовательность интервалов:

$F_{n-3}$	$F_{n-2}$	$F_{n-1}$	$F_n$	...
0-5	15-15	15-20	30-35	...

3... Критерием оценки достоверности ряда является интервал  $F_{n-3}$ . Поэтому, если взять в качества  $F_0=0$  и  $F_1=4$ , получим ряд чисел: 0, 4, 4, 8, 12, 20, 32, ... 356. Корректируя значения  $F_{12}=360^{\circ}$  и соответственно сменив другие члены, будем иметь: 0, **4. 045**, 4. 045, 8.09, 12. 135, 20. 225, **32.36**, 52. 585, **84. 495**, 137. 53, 222. 475, 360. Выделенные жирным шрифтом числа являются

точными границами зон видения (по мере возрастания, центрального, ясного видения, периферийного). Выделенные курсивом числа соответствуют, по мере возрастания:

- зоне мгновенного видения в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- углу предельной зоны видения при фиксированном положении председателя;
- углу предельной зоны обзора в вертикальной плоскости;
- углу обзора рабочей зоны оператора.

*Комментарий.* Расчеты не только совпадают с экспериментальными данными, но и теоретически обосновывают и уточняют их.

#### Развитие адаптации и патологии

В ходе эволюции под влиянием внешних воздействий (что обязательно), происходят обмены с окружающей средой, смены относительно неустойчивых (волны) и относительно устойчивых (солитоны) состояний, изменения абсолютных значений потенциала  $\Sigma$  и компонентов. Покажем соответствие этих изменений с ходом процессов адаптации и развития патологии.

**Стадии стресса.** По представлениям Селье, уточненными в ходе последующих исследований [8, гл.1], адаптация человека к длительным неблагоприятным воздействиям включает (рис. 8.13, изменение уровня резистентности показано в виде качественного графика):

1) исходную норму, характеризующуюся индивидуально оптимальными значениями физиологических показателей;

2) немедленно следующую за появлением раздражителя стадию тревоги, в ходе которой показатели изменяются, приближаясь к допустимым пределам, а резистентность повышается;

3) стадию резистентности, сменяющую, после переходного этапа, стадию тревоги, характеризующуюся относительной устойчивостью показателей на уровне их предельных значений;

4) стадию истощения, следующую после переходного этапа, характеризующуюся падением резистентности, что выражается в угнетении жизненных функций и выходе физиологических показателей за допустимые пределы, и уже сопровождается патологическими изменениями.



Рис. 8.13. Развитие стресса

Можно заметить, что эти стадии соответствуют ходу эволюции  $\Sigma$ :

1)  $H^{\circ}P(\square AP(\cup \bullet A))$ , т.е. оптимальному распределению характеристик актуально существующих С- элементов для «устоявшихся» внешних воздействий.

2)  $H^{\circ}P(\square AP(\cup \bullet A \rightarrow \cup A(\bullet A)))$ , т.е. изменение внешних воздействий вызывает возбуждение волн (активизация комплекса приспособительных реакций), что соответствует переходу к стадии тревоги.

3)  $H^{\circ}P(\square AP(\bullet A))$ , т.е. волны перешли в солитоны, на что затрачен определенный потенциал, который должен быть восстановлен извне.

4)  $H^{\circ}A(\square A(\bullet A \rightarrow \cup) \downarrow \Pi)$ , т.е. солитоны переходят в волны, модальность состояния которых меняется от угасания к исчезновению, а модальность существования — от А к П. Переход от угасания к исчезновению знаменует начало развертывания патологии.

Таким образом, схемы и характеристики «критических» стадий эволюции С- пространства адекватны стадиям стресса, откуда непосредственно следует следующая, нуждающаяся в экспериментальной проверке гипотеза:

**Положение 4.10.** *В основе проявлений и последовательности стадий стресса лежат закономерности эволюции целостной открытой системы при изменении внешних воздействий, ограниченной требованиями сохранения организации, т.е. 8.6-8.7. Характеристики стресса (продолжительность стадий, согласованность и допустимые пределы изменения показателей, уровень резистентности) могут быть получены как статические и динамические характеристики откалиброванной волновой модели  $S_n$  и приблизительно рассчитаны как инварианты откалиброванной  $OM S_n$ .*

Принятие этой гипотезы в качестве рабочей позволяет разрабатывать мероприятия по предотвращению реализации стадии истощения исходя из условий поддержания постоянного (на грани расслоения-свертки) состояния  $S_n$ . Вновь рассмотрим задачу поддержания оптимальной работоспособности.

**Задача 8.4.** *Изыскание дополнительных возможностей поддержания высокого уровня работоспособности оператора.*

*Постановка.* В предыдущих главах рассматривались внешние факторы компенсации неблагоприятных условий труда, а также возможности учета биоритмов; здесь к ним добавляется учет внутренней динамики изменения производительности.

*Решение.*

1. Работоспособность как резистентность. Сопоставление графий изменения резистентности и производительности проведено в [137, с. 132-134, 144]. Налицо сходство основных стадий: норма соответствует исходному уровню производительности, тревога — стадии вработывания, максимальная работоспособность — максимальной резистентности, периоды устойчивой и неустойчивой компенсации, а также падения производительности труда — различным фазам стадии истощения.

Некоторые различия — рост производительности в конце работы («конечный рывок») при неувеличении резистентности в конце стадии истощения



— можно объяснить возможностью использования дополнительного потенциала психической составляющей.

Это позволяет предположить, что их сходство определяется одинаковыми причинами, лежащими в основе и стресса, и утомления — закономерностей эволюции Сп. Таким образом, оказывается возможным намечать эргономические мероприятия исходя из стадий эволюции Сп.

2. Повышения исходного уровня производительности (нормы). Необходимо увеличить исходный потенциал Сп путем соответствующей калибровки, т.е. организации условий для возникновения ТС. Необходимо, во-первых, наладить гармоничные взаимодействия с окружающей средой (обеспечение целостности Сп<sup>+</sup> и Сп<sup>-</sup> как компонентов аппарата ТС) и, во-вторых, обеспечить интуитивное восприятия «удаленных» частей универсума (свертка — интуитивное восприятие воздействий С и О — калибровка — расслоение, т.е. структуризация воспринимающих и распознающих систем, а вследствие целостности — и физиологических систем). Первое достигается проведением стандартных мероприятий (правильное питание, поддержание распорядка дня, тренировки и обучение, выполнение гигиенических требований, прогулки, воздействие эстетически совершенных произведений искусства и т.д.), второе отрабатывается в ходе практик аутогенного тренинга и медитаций.

3. Оптимизация периода вработывания (тревоги). Необходимо обеспечить достаточно времени для перехода  $\cup \rightarrow \bullet$  (это показатель индивидуальный и определяется экспериментально), а также однородность внешних воздействий и постепенное нарастание их интенсивности. Эргономические мероприятия проводятся в следующей последовательности:

А. Организация производственной среды, обеспечивающая плавный, неконтрастный переход от «домашних» условий к производственным (гармоничная архитектура промышленных зданий, улучшение природного ландшафта [23], применение функциональной музыки [п27], проработка интерьера, использование цветового кодирования производственной среды [22, 78, 93, 105, 111], придание расположению рабочих помещений и мебели символического (космологического, этнокультурного) смысла [95]. Последнее положение дополняет как концепцию Ф. Биррена о роли цвета как ориентационного фактора, так и «Колористе консейл» Ж. Вьено, Б. Лассю, П. Тюба, Ж. Филассье (цвет как фактор формирования общего психологического климата, призванный сделать его более «естественным»).

Б. Фиксация перехода в производственные условия посредством проведения определенного ритуала (коллективных и индивидуальных инструктажей, а также распространенных в практике японских фирм коллективных и индивидуальных медитаций (совместное исполнение гимна фирмы и т.п.); интерьер помещений и дизайн мебели должен быть соответственно проработан. Необходимо достичь специфической доброжелательной и бесконфликтной атмосферы, когда усилия коллектива гармонизированы и направлены на достижение общей цели. Домашние проблемы должны остаться за порогом.

В. Плавное вхождение в рабочий ритм (например, ознакомление с ситуацией, наблюдение в течение некоторого времени за работой сменщика-оператора, не планирование на этот период сложных процессов и т.д.).

#### 4. Поддержание наибольшей производительности (резистентности).

Необходимо не спровоцировать расслоение или свертку Сп, т.е. не менять характера и интенсивности воздействий С и О. Отсюда следует необходимость такой организации СОИ и ОУ, которая в аварийных ситуациях не приводила бы к «информационному взрыву», «цветовому шоку» и т.д., а в штатных — не требовала максимальной мобилизованности оператора, что может быть достигнуто посредством реализации приведенных в 6-й главе рекомендаций. Далее, необходимо чередовать фазы интенсивного, умеренного труда и отдыха в соответствии с расчетными (задача 6.1.) и экспериментальными [21, 24] данными, а также изменять характер труда. Наиболее сложные операции следует планировать как раз на этот период.

5. Стадии компенсации и устойчивого падения производительности (истощения). Здесь необходимо не допустить возникновения структурных изменений Сп, т.е. «притормозить» угасание и не допустить исчезновения образовавшихся из солитонов волн. Это может быть достигнуто как за счет внутренних резервов (перераспределение потенциала между ветвями и слоями Сп<sup>+</sup>, организуемая посредством внутренних установок и мотиваций), так и внешних факторов (использование функциональной музыки, различных стимулов и т.д.), а также снижения интенсивности труда и увеличения времени отдыха. Безопасный предел, после которого следует прекратить работу, должен быть известен оператору и учитываться администрацией.

6. Восстановительные мероприятия. Смысл их сводится к восстановлению нормальной величины потенциала и его гармоничного распределения, поэтому набор мероприятий не отличается от приведенного в п. 1. Полезным будет выделение специальных помещений, изолированных от производственных, окрашенных в успокаивающие тона, содержащих предметы декоративно-прикладного искусства, растения, фонтаны, в которых можно прослушать тихую лирическую музыку и т.д.

*Комментарии.* Таким образом, необходимым оказывается комплекс эргономических мероприятий для предприятия и рабочего места до, во время и после работы, проводимых с учетом стадий изменения производительности и стресса. Необходимо планировать их под руководством опытного специалиста.

#### **Задача 8.5. Предотвращение патологических изменений.**

*Постановка.* Показать качественные возможности использования МЧС для моделирования патологии и регенерации, а также обоснование соответствующих эргономических мероприятий. Это направление является одним из перспективных продолжений данной работы.

*Решение.* Рассмотрев процессы возникновения и развития патологии, а также активизации иммунной системы и регенерации, как последствия балансирования на грани расслоения-свертки (8.6-8.9), сделаем такие предположения.

1. Формы проявления патологии. Особенности вариантов изменения организации Сп, описываемых как свертка и расслоение, а также образование «свободного» потенциала в ходе этих процессов позволяет провести сопоставление соответственно с деструкцией органов и систем организма, появлением патогенных новообразований, противоборством инфекции и иммунной системы. В последнем случае имеем формирование кососимметричной структуры. Отсюда следует, что увеличение численности патогенных микроорганизмов и антител описывается числовым рядом Фибоначчи; пределы определяются половиной абсолютной величины свободного потенциала.

2. Причины патологии заключаются в изменении характеристик внутренних сред, происходящих вследствие изменения распределения и абсолютных значений потенциалов структур и уровней (напомним, что изменение потенциала выражается как изменение полярности, энергетического баланса, фазовых состояний, т.е. разнообразие дисбалансов обуславливает разнообразие патологий). Далее, необходимы внешние воздействия, провоцирующие эти изменения, и достаточно длительные и сильные, чтобы привести к выходу показателей за пределы 8.6-8.7, когда внутренняя компенсация становится невозможной.

3. Регенерация описывается как вызванные необходимостью сохранения целостности Сп изменения: расслоение, если патогенной была свертка, свертка, если к патологии приводило расслоение, и «утилизация» и вывод из организма «свободного» потенциала, если организм подвергся инфекции. В последнем случае ликвидируется благоприятная для существования микроорганизмов среда. Обязательным условием регенерации является наличие благоприятной внешней среды, позволяющей, посредством обменов, повысить значение потенциала и гармонизировать его распределение, а также получить необходимые для регенерации энергии, вещества и т.п.

*Комментарий.* Сформулируем цель эргономических мероприятий:

**Положение 8.11.** *Целью эргономических мероприятий профилактики профессиональных заболеваний операторов является обеспечение целостности взаимодействий оператора с оборудованием и производственной средой (5.1-5.5) и МЧС. Необходима организация такой среды, которая будет компенсировать дисгармонию оператора и производственных факторов, будет повышать потенциал, и нормализовать его распределение.*

### **8.3. Моделирование подготовки операторов**

**Постановка задачи.** Поскольку решение ИСОИ изменено по сравнению с традиционными СОИ, требует коррекции и программа подготовки. Необходимо определить цели обучения, навыки, способы и формы обучения, критерии оценки. Эта специфическая задача является частным случаем общего моделирования процесса обучения [26,107,108,111,139].

**Цели обучения, навыки и умения.** Необходимо развитие способностей к:

- интуитивному ощущению единства формы представления и содержания контролируемой ситуации и определения тенденций ее развития;
- выделению главных факторов развития ситуации, отбрасыванию несущественных обстоятельств;
- ощущению уравновешенности-неуравновешенности, симметрии-асимметрии, статичности-динамичности отображаемых показателей;
- ощущению пространственной, временной и информационной организованности (формы, пропорций, масштаба, ритма и т.д.);
- ощущению света, светотени, тона и т.д.

Кроме того, необходимо повышение:

- уровня адекватности, силы и точности реакций на нарушение целостности композиции;
- стойкости к «цветового шоку», возможному при использовании цветовой формы кодирования;
- и — отдельно выделим — умения действовать в нештатных ситуациях, подразумевающее целый комплекс как достаточно высоких психофизиологических характеристик, так и тренируемых навыков.

Сравнение этих целей с оценками уровня эргономичности и психофизиологических показателей показывает их тесную взаимосвязь, возможную при соблюдении условий целостности. Таким образом:

**Положение 8.12.** *Целью обучения оператора должно быть обеспечение целостности системы оператор — ИСОИ и ОУ — среда в процессе последующей производственной деятельности.*

**Положение 8.13.** *В процессе обучения необходимо развивать ощущение: единства формы представления и содержания, тенденций развития; главных факторов; уравновешенности-неуравновешенности, симметрии-асимметрии, статичности-динамичности; организованности в пространстве-времени; цвета, светотени, тона.*

**Положение 8.14.** *В результате обучения должны быть выработаны навыки адекватных, сильных и точных реакций на нарушение целостности композиции и умения интуитивно действовать во внешнештатных ситуациях.*

Далее, поскольку цель обучения, в соответствии с требованиями когнитивной психологии — формирование целостной системы знаний и навыков [51], а такая система, равно как и оценки уровня эргономичности и психофизиологических показателей основываются на МЧС, то:

**Положение 8.15.** *Модель подготовки, лежащая в основе организации обучения и выбора обучающих средств, должна соответствовать МЧС.*

**Построение модели подготовки оператора.** Обучение рассматривается как совокупность обменов и связей структур Сп, эволюционирующего в ходе пошаговой свертки к состоянию °П (С, ТС, О), обучаемый — как Сп<sup>+</sup>, «среда обучения» (преподаватель, технические и пр. средства) — как Сп<sup>-</sup>.

Выявление инвариантов модели подготовки включает:

1. *Определение количества стадий обучения* производится исходя из количества уровней организации ИСОИ – 5-7. Индивидуальные характеристики рецепторов оператора (уровни 6 и далее) принимаются как базовые и в процессе обучения специально не тренируются.

2. *Определение целей обучения* на каждой из стадий производится в соответствии с их ролью в обеспечении целостности согласно таблицы 8.2. Например, на первом этапе тренируются способности к ощущению «правильности» цвета, тона и т.д., а также реакции на их изменение; на втором — ощущения «правильности» формы, пропорций и.д. и соответствующие реакции. Итак, обучение ведется от простого к сложному и «снизу вверх».

3. *Переход от первой стадии обучения к последующим* интерпретируется как реализация одного шага свертки; при этом, для обеспечения качественного перехода, необходим интуитивный «поиск смысла» средств, применяемых на текущем этапе обучения.

Таким образом, имеем модель обучения в виде РС- диаграммы (рис. 8.14). Далее производится калибровка, что подразумевает:

4. *Определение характеристик и показателей обучения* производится согласно табл. 8.2 (характеристики) и данных параграфа 8.2 (психологические показатели) в ходе тестирования и психологических измерений. Распределение характеристик по стадиям обучения дано на рис. 8.15.

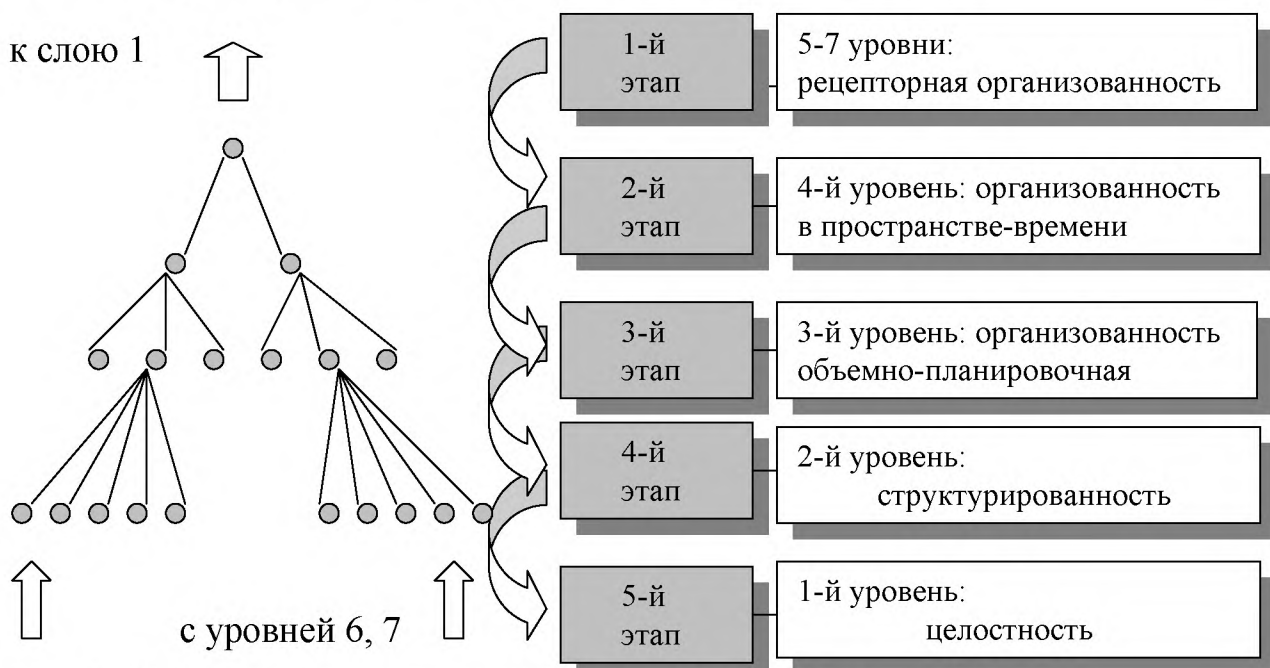


Рис. 8.14. РС- диаграмма подготовки

Рис. 8.15. Цели обучение

**Обоснование программы специальной подготовки.** Прежде, чем представить программу, сделаем следующие замечания.

1. Для определения исходного уровня развития способностей и навыков, необходимо провести предварительное тестирование согласно 8.1. Тестирование также должно проводиться в течении и по окончании срока обучения.

2. По окончании обучения должен проводиться зачет в условиях, максимально приближенных к производственным. Выполнение задание должно

сопровождаться измерением психофизиологических показателей. Положительная оценка проставляется только в том случае, если они не выходят за пределы допустимых значений.

3. Не вдаваясь в тонкости организации тренажерного комплекса, ввиду ограниченности места, выделим только самые необходимые требования:

- возможность имитации обстановки, для восприятия и оценки которой необходимо использование всех уровней организации;
- возможность имитации нештатных ситуаций, включая выход из строя части приборов СОИ, требующих принятия решений в условиях дефицита времени и неполноты информации;
- возможность фиксации комплекса психофизиологических характеристик в процессе испытания.

4. В ходе завершающего этапа обучения следует уделить особое внимание отработке действий в нештатных ситуациях.

Это тем более необходимо, поскольку, по данным исследования субъективных предпочтений операторов, соответствующие умения не относятся даже лучшими операторами к числу приоритетных. Так, в [5, с.11] констатируется: «У успешно работающих операторов самую высокую оценку получило умение своевременно регулировать отклонения при обычном технологическом режиме, а также знание технологического процесса и оборудования. В то же время, такие показатели, как умение ориентироваться в неожиданных ситуациях, способность к неожиданным решениям и способность предугадывать события при неполной информации, получили оценку ниже средней». Субъективная недооценка важности этих умений приводит к неподготовленности к действиям в аварийной ситуации. Она обязательно должна быть скомпенсирована в ходе обучения.

В ходе занятий следует использовать литературу по теории композиции, дизайну и практической колористике, например [7, 9, 22, 70, 82, 95, 102, 105, 111, 118].

**Табл. 8.3.** Ориентировочная программа специальной подготовки оператора для работы с ИСОИ.

Этап	Цели занятий	Краткая характеристика содержания занятий	Средства обучения	Формы контроля
1.	Отработка ощущения гармоничности рецепторной организованности	1. Теоретические — объяснение понятий и роли света, светотени, цвета, тона, фактуры, текстуры, цветовых и звуковых ассоциаций в построении эстетически совершенных композиций и организации кодирования ИСОИ. 2. Практические — построение целостных композиций с использованием перечисленных средств.	Раздаточный материал и образцы	Опрос, оценка выполненных заданий
Переход	Отработка эмоциональной и вербальной	Практические — формирование целостных ассоциатив-	Набор «неправиль-	Оценка, выставаемая исходя

Этап	Цели занятий	Краткая характеристика содержания занятий	Средства обучения	Формы контроля
ко второму	ной перекодировок несмысловых композиций п. 1, а также действий по исправлению их негармоничности; проверка устойчивости к «цветовому шоку»	ных цепочек «композиция — эмоциональное ощущение — слово — действие», основанных на их общих калибровочных инвариантах	ных» простых несмысловых композиций; тренажер-генератор композиций, содержащий средства их коррекции	из подсчета неправильных ассоциаций и действий, затраченного времени и т.д.
2.	Отработка ощущения пространственной, временной и информационной организованности	1. Теоретические — объяснение роли формы, пропорций, размеров, масштаба, ритма, нюанса, метрического повтора, последовательности, ритма работы, темпа, информации, энергии, энтропии как факторов организованности. 2. Практические — построение целостных композиций с использованием перечисленных средств.	Раздаточный материал и образцы	Опрос, оценка выполненных заданий
Переход к третьему	Отработка эмоциональной и вербальной перекодировок несмысловых композиций п. 2, а также действий по исправлению негармоничности	Практические — формирование целостных ассоциативных цепочек «композиция — ощущение — слово — действие», основанных на их общих калибровочных инвариантах	Набор «неправильных» простых несмысловых композиций; тренажер-генератор композиций, содержащий средства их коррекции	Оценка, выставляемая исходя из подсчета неправильных ассоциаций и действий, затраченного времени и т.д.
3.	Отработка ощущения «правильности» объемно-планировочной организованности композиций, имитирующих ИСОИ и ОУ	1. Теоретические — объяснение понятий и роли уравновешенности - неуравновешенности, симметрии - асимметрии, динамичности - статичности как факторов объемно-планировочной организованности. 2. Практические — построение целостных композиций с использованием перечисленных средств.	Раздаточный материал и образцы	Опрос, оценка выполненных заданий
Переход к четвер-	Отработка эмоциональной и вербальной перекодировок несмысловых ком-	Практические — формирование целостных ассоциативных цепочек «композиция — ощущение уравновешенности	Набор «неправильных» композиций; тре-	Оценка, выставляемая исходя из подсчета неправильных

Этап	Цели занятий	Краткая характеристика содержания занятий	Средства обучения	Формы контроля
тому	позиций п. 3, а также адекватности, силы и точности реакций на нарушение их целостности	— слово — действие», основанных на их общих калибровочных инвариантах	нажер- генератор композиций, имитирующих реальные кодировки СОИ и набор ОУ, содержащий средства их коррекции	ассоциаций и действий, затраченного времени и т.д.
Четвертая	Отработка ощущения структурированности ИСОИ	1. Теоретические — пояснение приемов, позволяющих выделить ИСОИ конкретной системы как целостную структурированную общность на неструктурированном фоне, а также методов поддержания концентрации и переключения внимания 2. Практические — проверка индивидуальных реакций на структуры и фон и построение целостных композиций с использованием перечисленных средств.	Раздаточный материал и образцы; тренажер-генератор фона и структур	Опрос, оценка выполненных заданий
Переход к пятому	Отработка эмоциональной и вербальной перекодировок несмысловых композиций п. 4, а также развитие способности к выделению главных факторов развития ситуации при отбрасывании второстепенных	Практические — формирование целостных ассоциативных цепочек «композиция — эмоциональное ощущение — слово — действие», основанных на их общих калибровочных инвариантах	Набор «неправильных» прослых несмысловых композиций; тренажер-генератор динамических композиций, содержащий средства их коррекции	Оценка, выставляемая исходя из подсчета неправильных ассоциаций и действий, затраченного времени и т.д.
5.	Отработка интуитивного восприятия единства формы представления и содержания ситуации и определения тенденций ее развития, а также действий в штатных и аварийных	1. Теоретические — пояснение техники «настройки» на интуитивное восприятие и спонтанные действия. 2. Практические — медитативная практика, отработка действий управления на тренажерах.	Тренажеры, имитирующие реальные ИСОИ и действия в штатных и аварийных ситуациях	Оценка, включающая как показатели правильности действий управления, так и психофизиологических показателей. Итоговое тес-



Этап	Цели занятий	Краткая характеристика содержания занятий	Средства обучения	Формы контроля
	ситуациях			тирование согласно 4. 1. Итоговый зачет и заключение о профессиональной пригодности для работы с ИСОИ

Данные табл. 8.3 имеют ориентировочный характер; в зависимости от сложности систем, с которыми будет работать оператор, а также исходного уровня его показателей, производится распределение операторов по группам, выбор продолжительности занятий, индивидуальных программ обучения и т.д.

## Глава 9. ЭНЕРГЕТИКА: РЕСУРСЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

От эффективности и качества решения проблемы энергообеспечения как уровень жизни населения, так и состояние окружающей среды. Возрастающее энергопотребление является прямым следствием роста населения планеты и увеличения его благосостояния: сегодня по уровню энергопотребления на душу населения судят об уровне развития страны и благополучии ее граждан.

Перспективы энергетики можно оценить только в том случае, если будут учтены традиции энергопотребления, социально-экономические тенденции, экологические и геологические последствия, космические факторы. Это возможно в рамках системного подхода и только тогда, когда исследование проводится в масштабе всей планеты. Лишь уяснив глобальную картину, можно конкретизировать прогнозы для энергетики Украины как составной части мировой энергетической системы.

Современная энергетика в основном базируется на использовании полезных ископаемых — угля, нефти, природного газа, которые являются исчерпаемыми источниками энергии. Считается, что их точные запасы еще недостаточно изучены и разведаны, данные постоянно изменяются и уточняются. Однако, если исходить из разведанных запасов органического топлива, можно прогнозировать обеспечение энергетических потребностей человечества всего на 50...60 лет. С учетом перспектив открытия новых месторождений полезных ископаемых срок обеспечения органическим топливом может продлиться до 150 лет. Таким образом, самые оптимистические прогнозы предсказывают исчерпание на Земле запасов угля, нефти и природного газа в недалеком будущем.

Перспектива обеспечения человечества новыми энергетическими ресурсами связывается с использованием ядерной и термоядерной энергии. До недавнего времени считалось, что атомная энергия неисчерпаема и экологически безопасна. Однако «опыт», приобретенный при освоении «мирного атома», показал, что эксплуатация даже наиболее современных атомных электростанций не исключает аварий не только местного, но и глобального, катастрофического масштаба. Реальные запасы ядерного топлива небезграничны; его добыча и переработка становятся все более энергоемкими и дорогими, а проблема безопасного захоронения постоянно накапливаемых ядерных отходов — все более актуальной.

Запасы термоядерного топлива можно считать практически неисчерпаемыми. Однако, как показывает динамика исследований в этой области ядерных технологий, эра промышленного использования термоядерного синтеза наступит не скоро.

Технологические процессы по производству энергии с использованием органического топлива, ядерной и термоядерной энергии сопровождаются

вредными выбросами и способствуют «тепловому загрязнению» окружающей среды.

Экологическую угрозу представляет также «парниковый эффект», обусловленный увеличением концентрации в атмосфере углекислого газа, который образуется в больших количествах при сгорании органического топлива. Повышение температуры и влажности может привести к катастрофическим последствиям для флоры и фауны нашей планеты.

Для выбора путей развития энергетики будущего необходимо в первую очередь оценить состояние производства и потребления энергии на современном этапе развития общества. Состояние энергетического хозяйства оценивается уровнем обеспечения энергоносителями, экологическими и экономическими характеристиками энергоносителей и энерготехнологий, причем экологические показатели все чаще оказываются на первом месте.

Для Украины решение проблемы энергообеспечения чрезвычайно важно вследствие значительного истощения собственных традиционных энерго-ресурсов и зависимости от стран-импортеров органического топлива (импорт энергоносителей составляет более 50 %). База оборудования энергетики технически и морально устарела, система энергосбережения практически неразвита, следствием этого является низкий уровень преобразования и транспортирования энергии в энергетической отрасли и высокий уровень энергозатрат в промышленности, агропромышленном комплексе, коммунальном секторе. По оценкам специалистов, резерв сокращения потребления энергии в Украине за счет применения энергосберегающих технологий составляет около 40 % общего потребления энергии.

## 9.1. Глобальный характер современной энергетики

**Энергия Космоса и Земли.** Все энергетические ресурсы на Земле являются продуктами излучения Солнца, гравитационной энергии взаимодействия Солнца, Луны и Земли, тепловой энергии Земли, которая является результатом химических и ядерных реакций, протекающих в ее недрах. Отсюда ясно, что космические факторы, как минимум масштаба Солнечной системы, а также геологическая история Земли с момента ее образования, по современным оценкам 4...5 миллиарда лет назад, являются определяющими условиями для оценки энергетических ресурсов планеты. В зависимости от соотношения этих факторов энергетические ресурсы Земли, которые в соответствии с данными Мирового энергетического совета, включают в себя 16 видов [70], можно объединить в отдельные группы, взаимосвязанные между собой (рис. 9.1):

- 1) по уровню и масштабам освоения: традиционные – нетрадиционные;
- 2) по природе энергообразования: возобновляемые – невозобновляемые.

Распределение энергетических ресурсов в первой группе проведено с учетом уровня освоения и распространения энергетических технологий их использования; во второй группе — по природе и периодичности образова-

ния — невозобновляемые источники энергии образуются на протяжении огромных отрезков времени, тогда как возобновляемые в той или иной периодичности постоянно существуют в природе.



**Рис. 9.1.** Классификация энергоресурсов

*К традиционным энергоресурсам* относятся все невозобновляемые источники энергии, а также два вида возобновляемых источников энергии: дрова и гидроэнергия больших водотоков.

*К нетрадиционным энергоресурсам* относятся все виды возобновляемых источников энергии: биомасса (за исключением дров), солнечная энергия, ветровая энергия, геотермальная энергия, тепловая энергия океана, гидроэнергия приливов, волн, водотоков (за исключением гидроэнергии больших водотоков). Кроме того, к нетрадиционным можно отнести невозобновляемые энергоресурсы — природный газ малых газовых, газоконденсатных, нефтегазоконденсатных месторождений, сопутствующий нефтяной газ, промышленные газы, метан угольных месторождений.

*К невозобновляемым или исчерпаемым энергоресурсам* относятся уголь, торф, нефть, природный газ, ядерное топливо.

*Возобновляемые или неисчерпаемые энергоресурсы* — это потоки энергии, постоянно или периодически действующие в природе. К ним относятся:

- лучистая энергия Солнца,
- энергия ветра, гидроэнергия течений, волн и приливов,
- тепловая энергия окружающей среды (Земли, воздуха, морей и океанов),
- энергия мускульной силы людей и животных.

К возобновляемым источникам относятся также *все виды растительности* — биомасса, в которой в результате фотосинтеза происходит постоянное накопление энергии солнечного потока в виде углеводов.

*Геотермальную энергию* относят к возобновляемым видам энергии, хотя в данном случае присутствует некоторое противоречие — тепловая энергия Земли, образующаяся в результате протекания химических реакций различных веществ и распада радиоактивных элементов, по своей сути является невозобновляемым источником энергии.

## 9.2. Энергоресурсы

Рассмотрим подробнее количественную оценку первичных топливно-энергетических ресурсов. Для определения ресурсной базы органического топлива и потенциала возобновляемых источников энергии применяются различные методы.

**Сроки возможного энергообеспечения человечества за счет использования исчерпаемых топливно-энергетических ресурсов** в значительной мере зависят от уровня технического и технологического обеспечения процессов добычи, преобразования и потребления энергии, темпов роста энергопотребления на душу населения, экономических и экологических факторов.

Постепенный переход к возобновляемым источникам энергии будет происходить с учетом всех этих факторов; основным в данном случае является неисчерпаемость первичной энергии.

Поэтому чрезвычайно важно создать оптимальную модель энергетики будущего, в которой будут учтены все возможные результаты влияния каждого из источников энергии на сферы хозяйствования, особенно на экономику и экологию. Создать такую модель для всего мира в целом невозможно, ее действие должно быть ограничено рамками группы государств, одного государства или даже одного определенного региона. Поэтому дальнейший анализ развития мировой энергетики проводился в общих чертах.

**Энергетический баланс планеты.** Чтобы лучше понять общую энергетическую систему Земли, воспользуемся схемой, показанной на рис. 9.2.

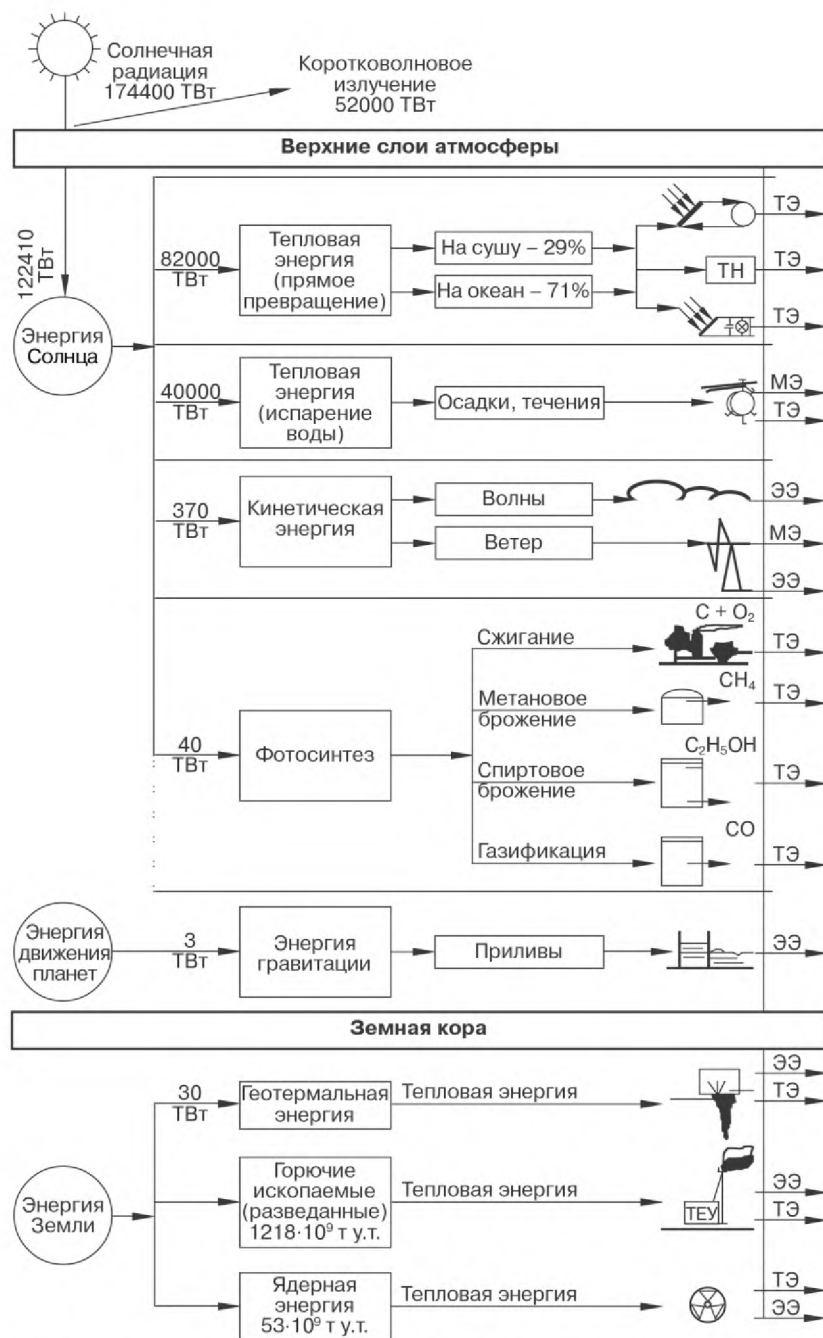
Вся энергетическая система Земли состоит из двух частей:

- *динамического потока энергии; на рисунке — над поверхностью Земли;*
- *статического запаса энергии, т. е. органического топлива, ядерной и геотермальной энергии; на рисунке — под поверхностью Земли.*

На поверхность и атмосферу Земли направлены три потока энергии:

- *солнечное излучение мощностью 1 744 000 ТВт;*
- *гравитационная энергия планет (3 ТВт);*
- *тепловой поток из середины Земли (30 ТВт).*

На схеме видно, что около 30 % (52 000 ТВт) солнечного излучения отражается в космическое пространство и не влияет на энергетический баланс Земли. Остальные 70 % солнечного излучения мощностью 122410 ТВт, что в 3710 раз превышает мощность двух других потоков энергии, составляют основную часть энергетического баланса Земли.



**Рис. 9.2.** Схема энергетического баланса планеты.

На схеме видно, что около 30 % (52 000 ТВт) солнечного излучения отражается в космическое пространство и не влияет на энергетический баланс Земли. Остальные 70 % солнечного излучения мощностью 122410 ТВт, что в 3710 раз превышает мощность двух других потоков энергии, составляют основную часть энергетического баланса Земли.

Для более полного представления о мощности солнечного излучения сравним ее с мировым годовым энергопотреблением, которое в 1992 г. составляло около 12,13 млрд. т у. т., что соответствует  $98,74 \cdot 10^{15}$  Вт · ч. Если разделить эту величину на среднегодовое количество часов (8760), то получим мощность энергетического потока равную  $11,27 \times 10^{12}$  Вт (11,27 ТВт). Таким образом, энергия, поглощаемая атмосферой и поверхностью Земли на

протяжении года, почти в 11000 раз превышает годовое потребление энергии на планете.

Некоторая часть этой энергии поглощается атмосферой, сушей, океаном и превращается в тепловую энергию, которую с помощью технических устройств можно использовать в виде тепловой и электрической энергии. Под действием другой части энергии (40000 ТВт) происходят испарение, циркуляция и выпадение воды, что приводит к возникновению рек, морей и океанов.

Третья часть энергии (370 ТВт) является причиной температурных перепадов, приводящих к возникновению атмосферных потоков воздуха (ветер).

Четвертая, самая малая часть энергии (40 ТВт, или 0,03 % общего потока), поглощается растениями и в результате процессов фотосинтеза накапливается в виде органических соединений. Этот поток энергии — один из самых важных — благодаря ему осуществляются физиологические процессы всех живых организмов. При фотосинтезе в химическую энергию превращается только 1...2 % солнечной энергии [92].

Горючие ископаемые (уголь, торф, нефть) произошли также благодаря энергии Солнца — материалом для них служили остатки растительности и живых организмов, которые в результате долгосрочных процессов без доступа воздуха и под действием высокой температуры и давления превращались в торф, уголь и нефть. Таким образом, на протяжении миллионов лет проходил процесс накопления солнечной энергии.

Из сравнения вклада человечества в энергообеспечение возобновляемых и невозобновляемых источников энергии и их энергетических потоков следует, что в настоящее время используется лишь мизерная часть потоков энергии возобновляемых источников. Это наглядно видно на примере общего мирового энергопотребления в 1992 г. (рис. 9.3).

**Запасы органического и ядерного топлива.** На основе данных различных источников информации [24, 25, 28, 31, 70, 92], в том числе и данных Мирового энергетического совета, проведена количественная оценка запасов органического и ядерного топлива с учетом масштабов и сроков их потребления.

Для количественной оценки органического топлива использованы следующие термины.

Термин *«разведанные запасы энергоресурсов»* включает в себя разведанные запасы энергоносителей, наличие которых определено достаточно достоверно, а их количество — достаточно точно. Разведанные энергоресурсы могут быть добыты уже в ближайшее время с применением современных технологий.

Понятие *«потенциальные запасы»* включает в себя разведанные запасы и прогнозные запасы энергоресурсов. Прогнозные запасы — это запасы энергоресурсов, наличие которых достоверно доказано, но их добыча требует применения новых, еще не разработанных в настоящее время технологий.

Количественные показатели мировых разведанных запасов энергоресурсов и потенциальных запасов органического и ядерного топлива в перерасчете на условное топливо, а также ориентировочные сроки их исчерпания приведены в табл. 9.3 [52].

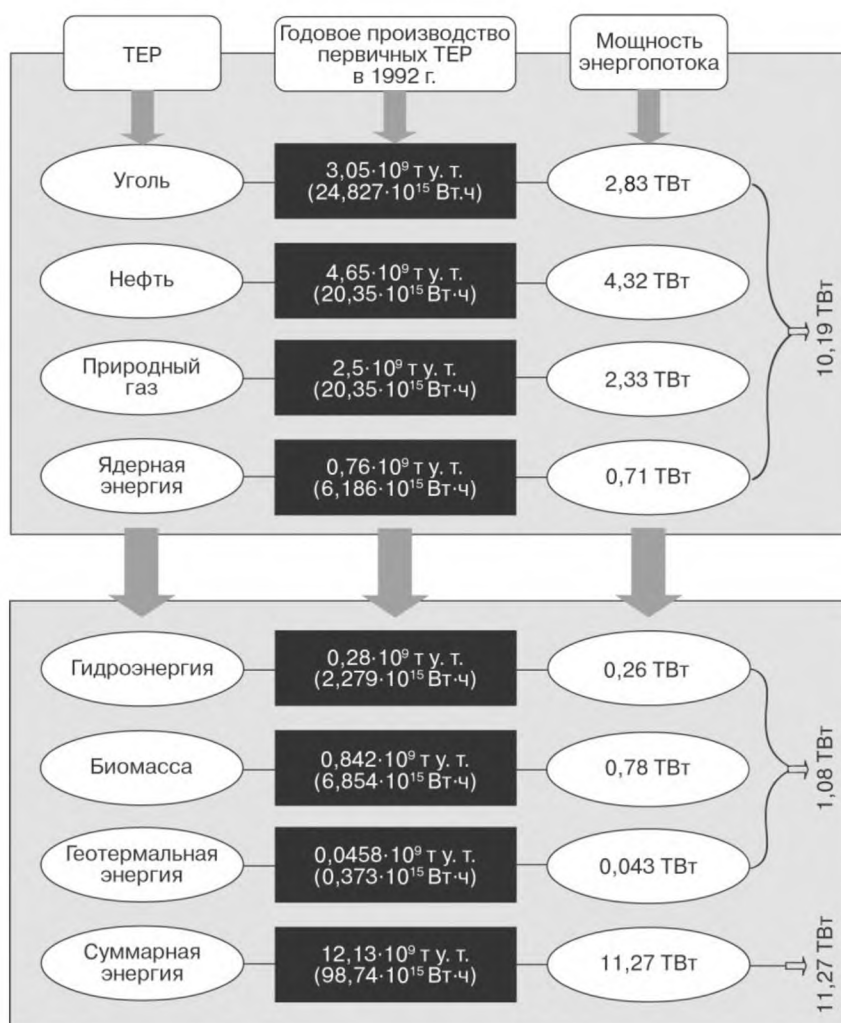


Рис. 9.3. Схема мирового энергопотребления (1992 г.).

Объемы и темпы мировой добычи органического топлива представлены в табл. 9.1 [33, 92].

Определение сроков исчерпания мировых запасов невозобновляемых энергоресурсов проводилось на основе прогнозной оценки использования различных энергоресурсов на 2020 г. в соответствии с данными Мирового энергетического совета.

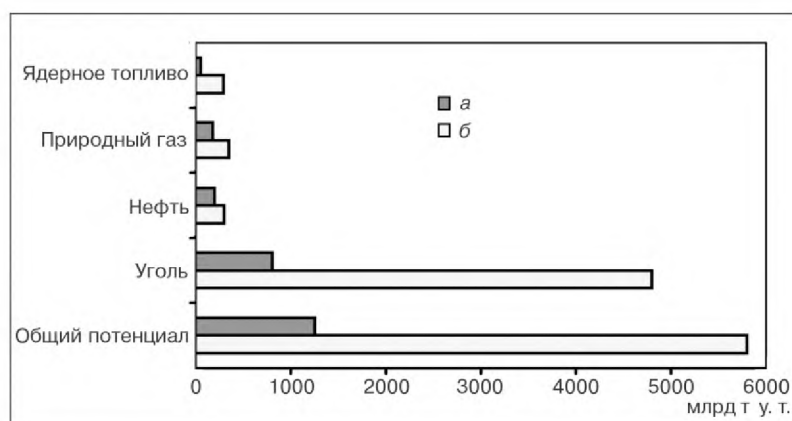
Таблица 9.1. Мировые запасы энергоресурсов

Топливо	Разведанные запасы энергоресурсов, млрд т у. т.	Потенциальные запасы энергоресурсов (разведанные и прогнозные)	Срок исчерпания энергоресурсов, год	
			разведанных	прогнозных
Уголь	867	4862	200	1120
Нефть	196	286	36	53



Природный газ	155	315	36	73
Ядерное топливо	53	239	40	210
В с е г о	1271	5702		

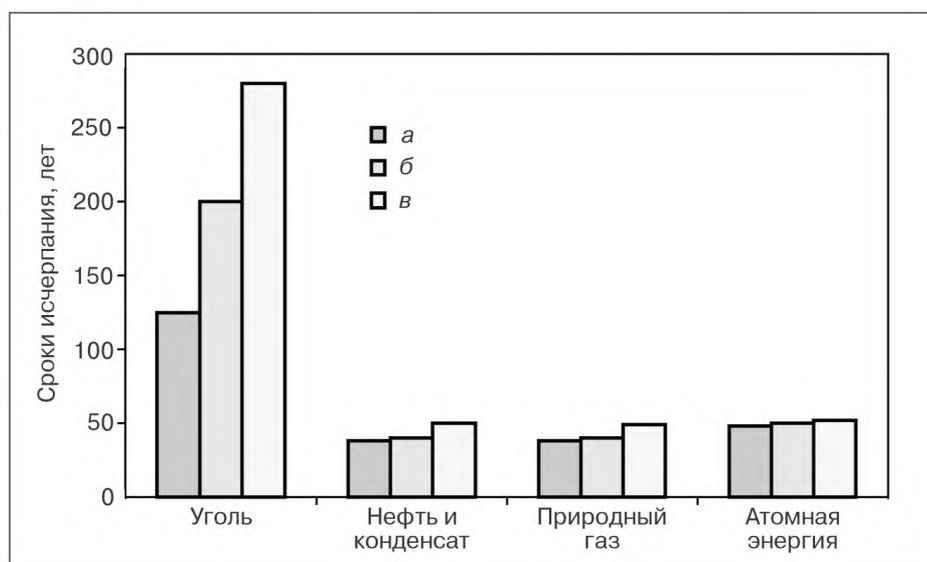
Различие между количественными показателями мировых потенциальных запасов энергоносителей и разведанными энергоресурсами наглядно иллюстрирует рис. 9.4. Сроки исчерпания основных видов мировых запасов разведанных первичных энергоресурсов в соответствии с различными вариантами их потребления приведены на рис. 9.5. Как видно, основные энергоресурсы, кроме угля, даже при достаточно бережном их потреблении, могут закончиться уже через 40...50 лет.



**Рис. 9.4.** Сравнительные диаграммы мировых потенциальных запасов энергоносителей (а) и разведанных энергоресурсов (б).

Действительно, актуальным является предупреждение К.Э. Циолковского о том, что «...только наше невежество заставляет нас пользоваться ископаемым топливом». К.А. Тимирязев говорил, что «...каждый луч Солнца, не уловленный, а бесплодно отразившийся обратно в мировое пространство, — кусок хлеба, вырванный изо рта отдаленного потомка». Эти слова великих ученых стали еще более важными в наше время, когда нужно подумать о сохранении для следующих поколений не только окружающей среды, но и сырьевой базы химической, медицинской, биохимических отраслей.

**Потенциал возобновляемых энергоресурсов.** Значения энергетического потенциала возобновляемых энергоресурсов в разных литературных источниках [13, 25, 28, 31, 99] значительно различаются. Для его более точной оценки, а также оценки возможных объемов его практического использования проведено разделение потенциала на три вида: *общий, технический и целесообразно экономический*.



**Рис. 9.5.** Диаграмма использования мировых запасов энергоресурсов в зависимости от варианта их потребления:

*а* — вариант высоких темпов роста энергопотребления; *б* — «основной» вариант; *в* — «экологически чистый» вариант.

**Общий (валовой, теоретический) потенциал** — общее количество энергии, которым характеризуется каждый из известных источников энергии.

**Технический потенциал** — часть энергии общего потенциала, которую можно реализовать с помощью современных технических устройств; эту часть энергии еще называют потенциальный энергоресурс.

**Целесообразно экономический потенциал** — это то количество энергии, которое целесообразно использовать с учетом экономических, экологических, социальных, технико-технологических и политических факторов.

Потенциал возобновляемых энергоресурсов представлен в табл. 9.2.

**Таблица 9.2.** Потенциал возобновляемых энергоресурсов планеты

Возобновляемые энергоресурсы	Общий потенциал, млрд т у. т./год	Технический потенциал, млрд т у. т./год	Целесообразно экономический потенциал, млрд т у. т./год
Лучистая энергия Солнца	86000	5	1
Тепловая энергия морей и океанов	7500	1	0...1
Энергия ветра	860	5	1
Гидроэнергия, в том числе:	6,065	3	1,52
энергия водотоков	3	2,91	1,5
энергия волн	3	0,05	0,01
энергия приливов	0,065	0,04	0,01
Биомасса, в том числе:	40	2,55	2,0
лесов	15	1,5	1,5
растений	10	1,0	0,5
водорослей	15	0,05	0

Геотермальная энергия	16	0,4	0,2
В с е г о	94422,06	16,95	5,72...6,72
	5		

Как видно из приведенной таблицы, общий годовой потенциал возобновляемых энергоресурсов превышает потенциальные запасы органического и ядерного топлива в 15 раз и почти в 80 раз разведанные запасы энергоресурсов. Технический потенциал несколько превышает современное потребление энергии, а целесообразно экономический может быть больше его на 40...45 %. Это свидетельствует о громадных доступных ресурсах нетрадиционной энергетики, практически не востребуемых в настоящее время.

### 9.3. Потребление энергоресурсов

**Ретроспектива изменений энергобаланса.** Основными факторами, влияющими на объемы общего потребления первичных энергетических ресурсов в мире, являются:

- численность населения на Земле;
- потребление энергии на душу населения;

Рассмотрим эти составляющие.

*Численность населения Земли.* К концу 19 ст. Землю населяли 1,7 млрд чел., к концу 20-го – около 6 млрд. В процессе развития общества народонаселение из года в год увеличивалось все быстрее. Сейчас в секунду рождается примерно 3 чел, а ежегодный прирост составляет почти 100 млн чел., за десятилетие — миллиард, что почти равняется населению Китая.

Согласно прогнозам ООН, к 2020 г. население Земли составит 8 млрд. Причем необходимо отметить, что наибольший рост населения наблюдается не в промышленных, а исключительно в развивающихся странах Африки, Азии и Латинской Америки.

Причины бурного роста населения в этих регионах многообразны. С одной стороны, это снижающаяся детская смертность в связи с улучшением медицинского обслуживания, а с другой — нищета во многих странах.

Из-за отсутствия государственного обеспечения в старости люди, чтобы выжить, заводят много детей. Более того, при натуральном хозяйстве, когда много усилий затрачивается на добычу дров и воды, дети являются ценной рабочей силой. Определенную роль играет и религиозная традиция.

Преодоление нищеты и вступление на путь развития помогут решить проблемы населения, причем основной предпосылкой является недорогая, доступная энергия.

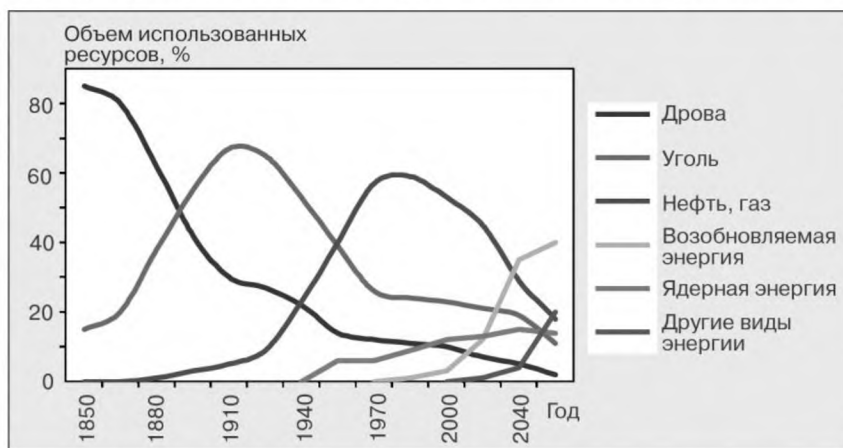
*Потребление энергии на душу населения.* В процессе развития человечество потребляет все больше энергии на душу населения. Она нужна для отопления и приготовления пищи, земледелия, транспорта и связи.

Растущий жизненный уровень, по крайней мере, в развивающихся и стоящих на пороге развития странах, требует постоянного увеличения потребления энергии.

Для того чтобы представить себе масштабы потребления энергии в будущем, необходимо провести анализ предыдущих данных по потреблению энергии.

Еще 150 лет тому назад основным источником энергии были дрова (85 %); уголь составлял только 15 % в мировом энергопотреблении. Доля угля в энергетике мира стремительными темпами возрастала до начала XX ст., пока не наступил период нового энергоносителя — нефти. В 1900 г. при народонаселении земли 1,7 млрд чел. энергопотребление составило примерно 1 млрд т ед. у. т. В конце первого 50-летнего периода (1900 г.) наблюдается увеличение населения планеты примерно в 1,2 раза, а общего потребления энергии — примерно в 3,6 раза, т. е. потребление на душу населения утраивается. За второй период (1901—1950 гг.) население планеты по сравнению с первым периодом увеличилось примерно в 1,42 раза, а общее потребление энергии — примерно в 2 раза. За третий период (1951—2000 гг.) количество жителей планеты должно увеличиться по сравнению со вторым периодом только в 1,3 раза, а общее потребление энергии — почти в 3,3 раза. Сейчас энергия всех форм и видов потребляется в объеме более 12 млрд. т. у.т. Таким образом, мировое энергопотребление выросло больше, чем народонаселение, и потребление энергии на душу населения за второй и третий периоды увеличивалось по сравнению с каждым предыдущим периодом примерно в 1,5 раза.

Важное значение имеет также соотношение объемов используемых видов энергоресурсов. Соответствующие данные приведены на рис. 9.6.



**Рис. 9.6.** Соотношения объемов использования мировых топливно-энергетических ресурсов.

**Современное состояние.** В настоящее время общее годовое потребление энергии в мире находится на уровне 12 млрд. т. в пересчете на условное топливо.

При этом около 74 % всего народонаселения Земли использует энергии менее среднего мирового уровня. Среднее потребление энергии на душу населения в развивающихся странах составляет всего 0,75 т. у. т., в то время как средний мировой уровень равняется 2,0 т. у.т. В наиболее развитых промышленных странах он составляет 4,7 т. у.т. на душу населения. В США, где самое высокое потребление энергии, на 1 жителя приходится 11 т. у.т. Таким

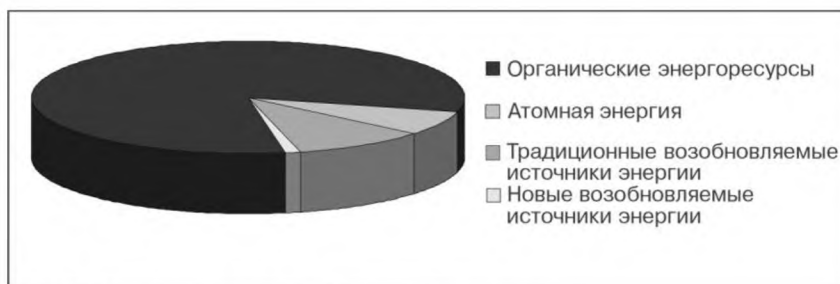
образом, можно сказать, что потребление энергии на душу населения в разных странах и регионах различно. Например, в Бангладеш на душу населения в год приходится 0,13 т. у.т., т.е. несколько более 1 % от уровня США.

Для обеспечения минимума физического существования (имеется в виду питание и защита от климатических воздействий) на душу населения необходимо в год 0,35 т. у.т. Для удовлетворения основных человеческих потребностей, включая здравоохранение и образование, на душу населения в год требуется примерно 1,3 т. у.т. На основании приведенных цифр можно сказать, что в настоящее время несколько сотен миллионов человек в развивающихся странах не могут удовлетворить свои минимальные потребности в энергии, еще 1 млрд. чел. страдает от острого ее недостатка.

Население развивающихся и стоящих на пороге развития стран, доля которого составляет 76 % от народонаселения Земли, потребляет 27 % коммерческой первичной энергии и 20 % электрической энергии. Дисбаланс потребления является совершенно очевидным.

Из всех первичных энергоресурсов сегодня используются, в основном, энергоресурсы органического происхождения — уголь, нефть, природный газ (рис. 9.7). Их доля в мировом потреблении энергии на 2000 г. составляет порядка 82 %; остальные энергоресурсы (18 %) [106, 120, 127]:

- *атомная энергия — около 7 %;*
- *традиционные возобновляемые источники энергии — ~10 % (гидроэнергия больших водотоков — 3 %, биомасса в виде дров — 7 %);*
- *новые возобновляемые источники энергии — около 1 % (ветровая, солнечная, геотермальная энергия, биомасса, за исключением дров, и прочие).*



**Рис. 9.7.** Мировое потребление энергии.

Детальный мировой энергетический баланс производства и потребления энергии за последние годы и основные энергетические показатели представлены в табл. 9.5 [106].

Определение более точных данных по производству энергии за счет использования новых нетрадиционных возобновляемых источников энергии за предыдущие годы затруднено, поскольку статистические данные по использованию ряда энергоресурсов часто объединяют традиционные и нетрадиционные энергоресурсы. Так, под заголовком «биомасса» часто проходят данные по использованию как традиционного топлива, в основном древесины, так и нетрадиционного топлива, полученного в процессе применения новых биотехнологий; в графе «гидроэнергия» приводятся сведения об энергии как больших, так и малых водотоков.

Энергообеспечение за счет возобновляемых источников энергии в странах ЕС в 1992 г. представлено в табл. 9.3. Как видно, наиболее ощутимый вклад в энергопотребление вносят энергия биомассы, гидроэнергия, геотермальная, солнечная и ветровая энергия. Доля энергии, полученной при использовании возобновляемых источников, в общем производстве энергии странами ЕС в среднем составляет немногим более 5 % (табл. 9.4) [93, 106].

**Таблица 9.3.** Энергетический баланс производства и потребления энергии в мире

Показатель	1974		1980		1986		1990		1991		1992		1997	
	1974		1980		1986		1990		1991		1992		1997	
	1974		1980		1986		1990		1991		1992		1997	
Общее производство	8,54	9,97	10,94	12,01	12,01	12,13	13,0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Твердое топливо	212	258	297	3,15	3,06	3,05	3,275	24,8%	25,88%	27,15%	26,22%	25,48%	25,14%	25,19%
Нефть	4,16	4,50	4,29	4,62	4,59	4,65	4,85	48,8%	45,14%	39,21%	38,44%	38,24%	38,33%	37,34%
Природный газ	1,45	1,77	2,10	2,45	2,48	2,50	2,82	17,03%	17,73%	19,2%	20,39%	20,64%	20,61%	21,69%
Ядерная энергия	0,104	0,274	0,59	0,74	0,77	0,76	0,88	1,2%	2,75%	5,4%	6,16%	6,43%	6,27%	6,78%
Гидроэнергия	0,18	0,22	0,25	0,27	0,28	0,28	0,32	2,1%	2,2%	2,29%	2,24%	2,35%	2,33%	2,46%
Геотермальная энергия	0,0086	0,016	0,0315	0,0429	0,0443	0,0458	0,05	0,01%	0,16%	0,29%	0,35%	0,39%	0,38%	0,39%
Энергия биомассы	0,513	0,612	0,708	0,745	0,775	0,842	0,8	6,06%	6,14%	6,46%	6,2%	6,47%	6,94%	6,15%
Население (млрд чел.)	3,84	4,33	4,92	5,26	5,373	5,44	—	7	0	3	5	3	—	—
Потребление (т у. т./чел.)	2,16	2,27	2,20	2,26	2,23	2,20	—	—	—	—	—	—	—	—
Производство электроэнергии (кВт/чел.)	1630	1926	2061	2255	2259	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Эмиссия CO <sub>2</sub> (т./чел.)	4,03	4,14	3,89	3,95	3,87	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Таблица 9.4.** Использование возобновляемых источников энергии в странах ЕС, %

Страна	Год		Страна	Год	
	1990	1995		1990	1995
Австрия	22,1	24,3	Италия	5,3	5,5
Бельгия	1,0	1,0	Люксембург	1,3	1,4
Дания	6,3	7,3	Нидерланды	1,3	1,4
Финляндия	18,9	21,3	Португалия	17,6	15,7

Франция	6,4	7,1	Испания	6,7	5,7
Германия	1,7	1,8	Швеция	24,7	25,4
Греция	7,1	7,3	Великобритания	0,5	0,7
Ирландия	1,6	2,0	В с р е д н е м по ЕС	5,0	5,3

**Прогнозы.** Все прогнозы, например Мировой энергетической конференции (WEC) или Международного энергетического агентства (IEA), исходят из того, что в будущем в мире будет потребляться гораздо больше энергии. Разработан ряд сценариев будущего развития энергетики; прогнозная оценка потребления различных видов энергоресурсов на 2020 г. в соответствии с различными вариантами развития представлена в табл. 9.5 [70]. Наиболее приемлемым, без сомнения, является «экологически чистый» вариант развития энергетики, и хотя нет уверенности в его осуществлении, выход на уровень 10...11 %-го энергообеспечения за счет нетрадиционных возобновляемых источников энергии представляется вполне реальным.

В рамках «Основного варианта» считается, что сегодняшнее потребление энергии, составляющее более 12 млрд. т. у.т., возрастет почти до 19 млрд. т. у.т.

Согласно так называемому варианту высоких темпов роста, сегодняшняя цифра увеличивается до 27 млрд. т. у.т., а наименее реалистичный экологически чистый вариант предусматривает в 2020 г. 16 млрд т. у.т.

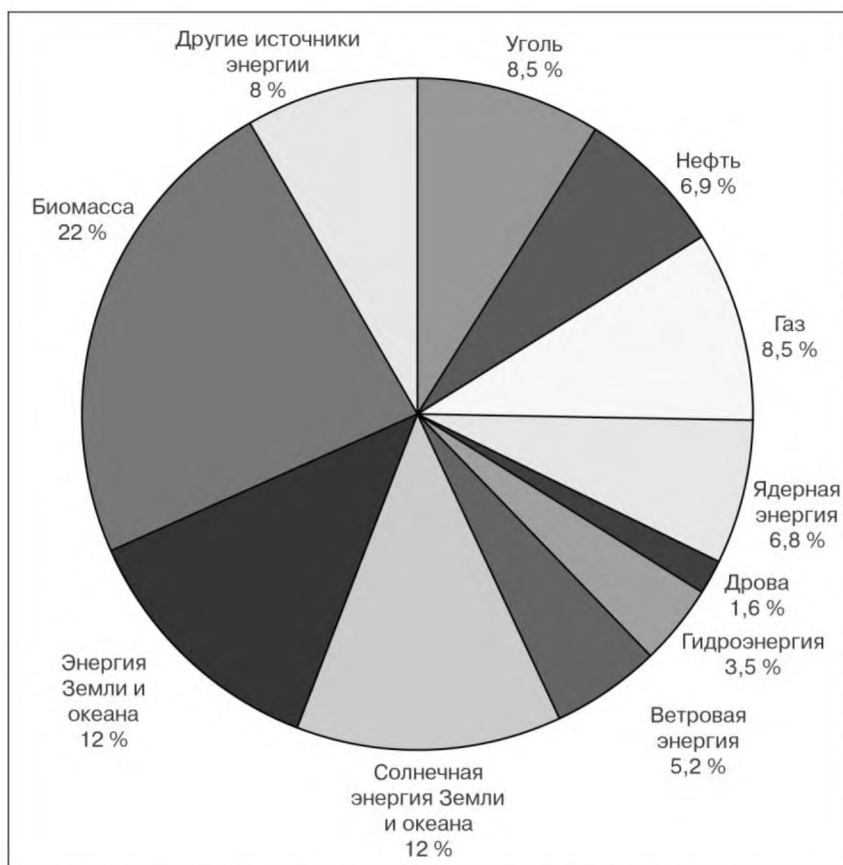
Следующие расчеты показывают: если в промышленных странах потребление первичной энергии на душу населения в год сейчас составляет 4,7 т. у.т., то глобальное уравнивание потребления энергии на этом уровне означало бы к 2020 г. при народонаселении 8 млрд. чел. использование почти 40 млрд. т. у.т., т.е. четырехкратное повышение по сравнению с сегодняшним днем. Даже если потребление энергии на душу населения в развивающихся и стоящих на пороге развития странах в будущем достигнет всего какой-то доли потребления промышленных стран и, наконец, последние прибегнут к эффективным мерам энергосбережения, то потребление энергии во всем мире значительно возрастет только за счет бурного роста народонаселения. Следующее сравнение может продемонстрировать, насколько огромным будет это энергопотребление: с начала использования коммерческих носителей энергии до 1990 г., т.е. в основном за последние 100 лет, всего было израсходовано примерно 420 млрд т. у.т. За 30 лет (с 1990 по 2020 г.), согласно основного варианта, потребление энергии составит 470 млрд т. у.т. и станет таким образом выше, чем все энергопотребление до 1990 г. в сумме.

**Таблица 9.5.** Прогноз потребления энергоресурсов на 2020 г. при разных вариантах развития энергетики

Энергоресурс	Вариант высоких темпов роста потребления		«Основной» вариант		«Экологически чистый» вариант	
	млрд т у. т.	%	млрд т у. т.	%	млрд т у. т.	%
Уголь	6,938	28,2	4,340	22,7	3,043	18,8
Нефть и конденсат	6,569	26,7	5,390	28,2	4,144	25,7
Природный газ	5,217	21,2	4,257	22,3	3,555	22,1

Атомная энергия	1,404	5,7	1,134	5,9	0,991	6,2
Гидроэнергия	1,429	5,8	1,316	6,9	0,945	5,9
Дрова	1,892	7,7	1,892	9,9	1,516	9,4
Нетрадиционные возобновляемые источники энергии	1,158	4,7	0,775	4,1	1,926	11,9
<b>В с е г о</b>	<b>24,607</b>	<b>100</b>	<b>19,104</b>	<b>100</b>	<b>16,120</b>	<b>100</b>

Прогнозируемая доля различных источников энергии до 2060 г. в общем энергопотреблении с учетом тенденций развития энергетической ресурсной базы за последние 20 лет (1980—2000 гг.) представлена в табл. 9.6 и на рис. 9.8 [100]. Анализ полученных результатов показывает, что предыдущие прогнозы многих авторов [13, 26, 31] по общемировому потреблению первичных традиционных энергоресурсов, начиная с 2000 г., были завышены примерно в 1,4 раза. Однако можно точно сказать, что в соответствии с изменением соотношения вклада различных энергоресурсов в общее энергопотребление, наблюдаемым в последние годы, с 2000 г. будет значительно возрастать доля возобновляемых источников энергии. Особенно высокими темпами будут возрастать объемы использования новых возобновляемых источников энергии.



**Рис. 9.8.** Прогнозируемое соотношение источников энергии в общем энергопотреблении.

**Таблица 9.6.** Прогноз распределения мирового энергопотребления за счет возобновляемых источников энергии

Год	Доля возобновляемых источников энергии в общем энергопотреблении, %
-----	---

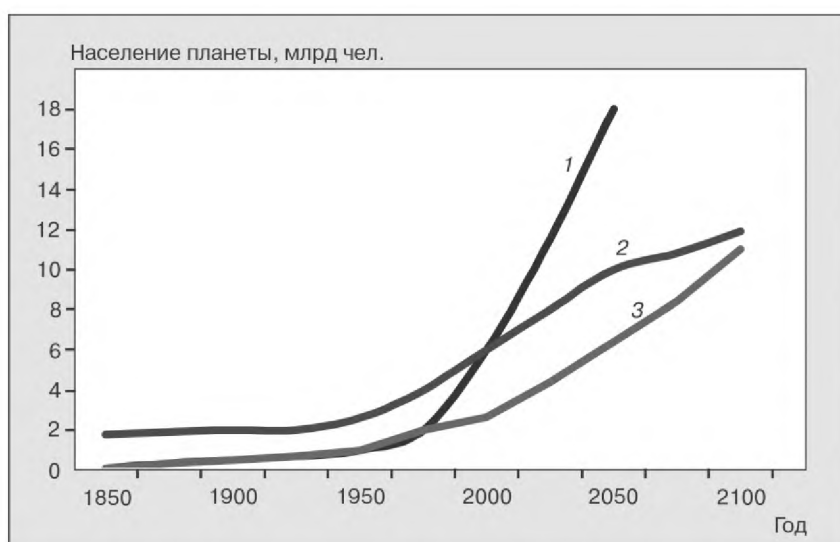


	Традиционные возобновляемые источники энергии	Новые возобновляемые источники энергии	Сумма
1980	7,5	1	8,5
2000	10	1	11
2020	10	19	29
2040	10	40	50
2060	10	58	68

Фактическая и прогнозная динамики роста населения и потребления энергии в мире показаны на рис. 9.9.

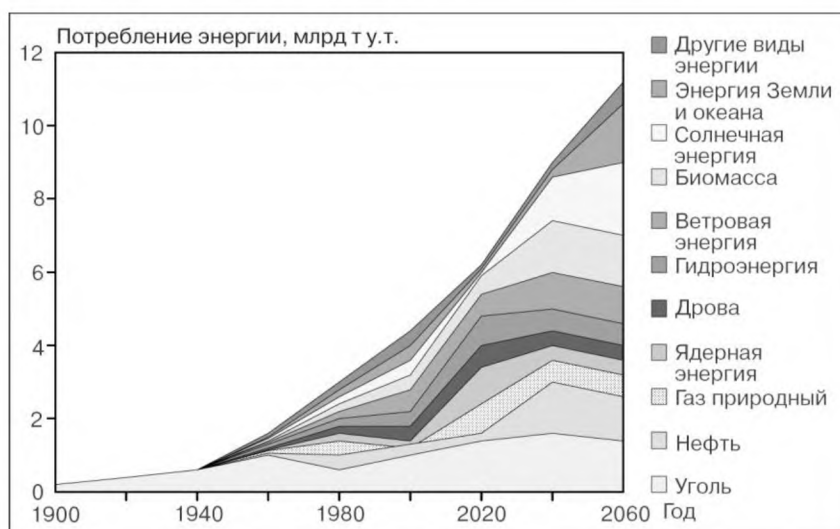
Вклад каждого из видов энергоресурсов в общее мировое потребление энергии за последние сто лет и прогнозы авторов работ [85, 100] относительно вклада каждого из видов энергоресурсов до 2060 г. показаны на рис. 9.10.

С учетом изложенных выше материалов по использованию энергоресурсов можно прогнозировать динамику вклада каждого из основных энергоресурсов в общее мировое энергопотребление (рис. 9.11).



**Рис. 9.9.** Соотношения мирового роста населения и потребления энергии:

1 — общее потребление энергии, млрд т у. т.; 2 — население планеты, млрд чел.; 3 — предыдущие прогнозы роста энергопотребления млрд т у. т.



**Рис. 9.10.** Мировое потребление энергии по видам энергоресурсов.

Для правильного понимания приведенных цифр существенным является также учет *технического уровня энергопреобразующих и энергосберегающих технологий, а также «экологического давления» энергетики на окружающую среду.*

При этом следует отметить, что до недавнего времени человечество мало задумывалось над проблемами, связанными с ростом потребления энергоресурсов и истощением запасов горючих ископаемых. Энергетические кризисы последних десятилетий, аварии на атомных станциях и ухудшение экологической ситуации дали толчок к активному поиску новых источников энергии. В последнее время в сфере энергетики наблюдается тенденция к внедрению новых энергоносителей — доля возобновляемых и нетрадиционных источников энергии в общем энергообеспечении планеты с каждым годом увеличивается.

По мере роста энергопотребления, человечество вынуждено разрабатывать новые технологии, искать новые носители энергии с повышенной плотностью: вначале это было дерево, затем уголь, нефть, газ и, наконец, атомная энергия. К примеру, плотность энергии угля в миллион раз больше энергии силы ветра или воды. Плотность атомной энергии в свою очередь в миллион раз выше, чем у угля

Относительно развития нашей энергетической системы Чезаре Марчетти (Международный институт прикладного системного анализа в Вене) считает, что энергоносители с повышенной плотностью энергии постоянно будут сменяться новыми с еще более плотной концентрацией энергии. Причем вытеснение предыдущих энергоносителей не обязательно будет связано с истощением их запасов. В большинстве случаев применению новых энергоносителей будут способствовать технические и экономические факторы.

Так, в развитых странах уголь достиг пика своего использования еще в 1925 г. Нефть начала отступать с 1980 г. Следующим энергоносителем в этой цепочке является природный газ, который содержит водород, а значит, обеспечивает больше энергии, чем нефть. За газом следует атомная энергия на базе урана. С момента своего старта в 1960-е годы она составляет уже примерно 7 % потребляемой в мире энергии и проникает на рынок намного быстрее, чем все остальные виды энергии. Этот скачок произошел, очевидно, потому, что атомная энергия гармонично влилась в уже существующую распределительную сеть электрического тока. Наблюдающийся в настоящее время во всем мире застой на атомных электростанциях кажется почти необходимым тормозным маневром перед возвратом на тропу «нормальной» эволюции этого энергоносителя.

По мнению Марчетти, в будущем в соответствии с прежней логикой развития энергоносителей со все возрастающей концентрацией энергии появится новый энергоноситель с еще большей плотностью энергии, чем у атома. Это должен быть ядерный синтез, т.к. концентрация энергии термоядерной реакции в 8 раз выше, чем при расщеплении ядра и в 10<sup>12</sup> раз выше, чем

у так называемых новых регенеративных энергоносителей, например у солнца, ветра и биомассы.

При этом на передний план выступают экологические и экономические аспекты энергоснабжения, которые в будущем могут создать непреодолимые препятствия.

Так, в топливно-энергетическом комплексе России имеются следующие опасные явления и тенденции, создающие проблемы в энергоснабжении страны и представляющие серьезную розу для ее жизнеобеспечения в будущем: крайне высокая энергоемкость экономики; нерациональная структура топливно-энергетического баланса; значительный износ основных фондов, который в отрасли превысил 50%; дефицит инвестиционных ресурсов; тяжелое финансовое положение предприятий ТЭК; отставание поисковых работ от добычи топливно-энергетических ресурсов; тенденция к снижению качества сырьевой базы энергетики; отсутствие государственной экономически обоснованной ценовой политики в сфере ТЭК и принципов налогообложения его отраслей, которые не учитывают рентный доход производителей, значительное негативное воздействие предприятий ТЭК на окружающую среду [ш].

Эти негативные тенденции во многом являются следствием укоренившихся ошибок. Россия в своем развитии стратегически продолжает ориентироваться на экспорт энергетического сырья, прежде всего наиболее ценного - нефти и газа. Это влечет за собой неоправданно высокую энергоемкость национальной экономики, и без того отягощенной повышенными энергозатратами в силу объективных природно-географических условий.

При этом имеется осознание того, что главные цели и задачи энергетической политики состоят в обеспечении надежности и устойчивости энергоснабжения; повышении эффективности использования энергетического потенциала с помощью рыночных механизмов и государственного регулирования с целью снижения удельной энергоемкости производства и удельного энергопотребления, в том числе за счет совершенствования структуры топливно-энергетического баланса и изменения структуры внешней торговли, снижение негативного воздействия энергетики на окружающую среду.

Однако реально формирование энергетического рынка страны происходит поспешно, в угоду узкокорпоративным интересам высшего менеджмента энергетических монополий. Снижена роль научной проработки, не учитывается необходимость сохранения единых жизнеобеспечивающих систем.

Следующая проблема - нехватка инвестиционных ресурсов для технического перевооружения предприятий топливно-энергетического комплекса - носит еще более глобальный характер.

До сих пор во всем мире не выяснены вопросы финансирования, т.е. не определены затраты на энергоснабжение в будущем и источник их покрытия [х]. В странах СНГ и Восточной Европы а также в развивающихся странах, финансирование энергопотребления стало «узким местом». В будущем такое положение грозит усугубиться. Только на финансирование необходимой модернизации российских электростанций требуется 50 млрд. ДМ, причем не-

медленно. На снабжение энергией Китая до конца этого десятилетия нужно около 150 млрд. ДМ, а на развитие инфраструктуры энергетических отраслей во всем мире в следующем десятилетии понадобится более 2000 млрд ДМ [x]. При этом названные цифры относятся только либо к модернизации, либо к созданию или расширению систем электроснабжения без затрат на нужные первичные энергоносители.

**Экологические аспекты.** Другие «узкие места» могут возникать из-за экологического или климатического риска, обусловленного высокой долей ископаемого топлива в энергоснабжении. Как уже было показано, доля ископаемого топлива сократится от 90 % в 1990 г. до 80 % в 2020 г., однако абсолютное его потребление, составившее 12 млрд. т. у.т. в 1990 г., возрастет к 2020 г. примерно до 19 млрд. т. у.т. (по основному сценарию).

В последние годы ученые всего мира работают над поиском путей уменьшения вредного влияния энергетических технологий на окружающую среду. Новые перспективные технологии традиционной энергетики повышают эффективность использования энергоносителей и частично уменьшают количество вредных выбросов, но все-таки не решают экологическую проблему. Дальнейшее тепловое, химическое и радиоактивное загрязнение атмосферы может привести к катастрофическим последствиям. В связи с этим возникает необходимость как выявления возможностей рационального использования ресурсов традиционной энергетики, так и развития работ в направлении освоения технологий нетрадиционной энергетики.

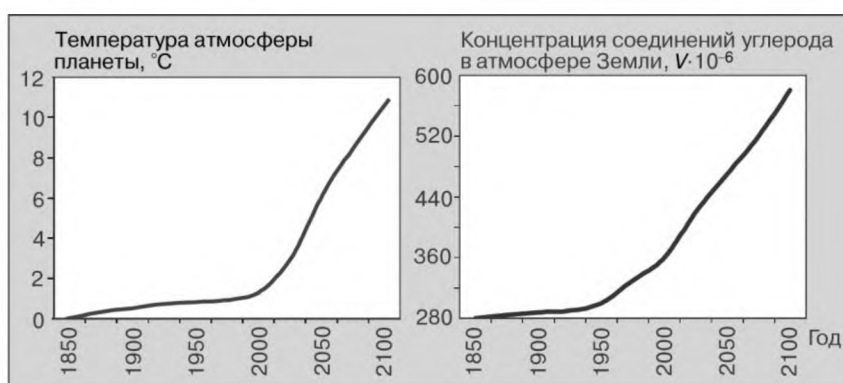
Все виды органического топлива и ядерная энергия в процессе своего использования отрицательно влияют на человека и окружающую среду. Кроме вредного влияния, которым характеризуется каждый из технологических процессов по производству электрической и тепловой энергии в отдельности, все они приводят к так называемому тепловому загрязнению окружающей среды. Необходимо отметить, что вся энергия, в том числе полезная и сбросовая, превращается в конечном результате в тепловую энергию, которая рассеивается в окружающей среде. Часть ее аккумулируется, повышая температуру водного и воздушного бассейнов, приводя к таянию ледников и прочее. Этот процесс накопления теплоты может привести к ощутимому повышению температуры на Земле. По мнению ученых, увеличение температуры окружающей среды на 3,5 °С является критической величиной [27].

Такой перегрев может стать граничным фактором, определяющим предел использования традиционных энергосистем.

Повышения температуры атмосферы планеты и выбросов в атмосферу соединений углерода показаны на рис. 9.11 [116]. Как видно, непредвиденные изменения климата и атмосферы могут наступить уже через 30...50 лет.

К таким же катастрофическим последствиям могут привести и выбросы, образующиеся при сжигании органического топлива. При сгорании угля, нефти и природного газа выделяется много вредных веществ: оксиды азота, серы, сажа, зола и прочие канцерогенные продукты горения, а также большое количество углекислого газа. Частично он поглощается растениями, но его концентрация в атмосфере постоянно увеличивается. Углекислый газ про-

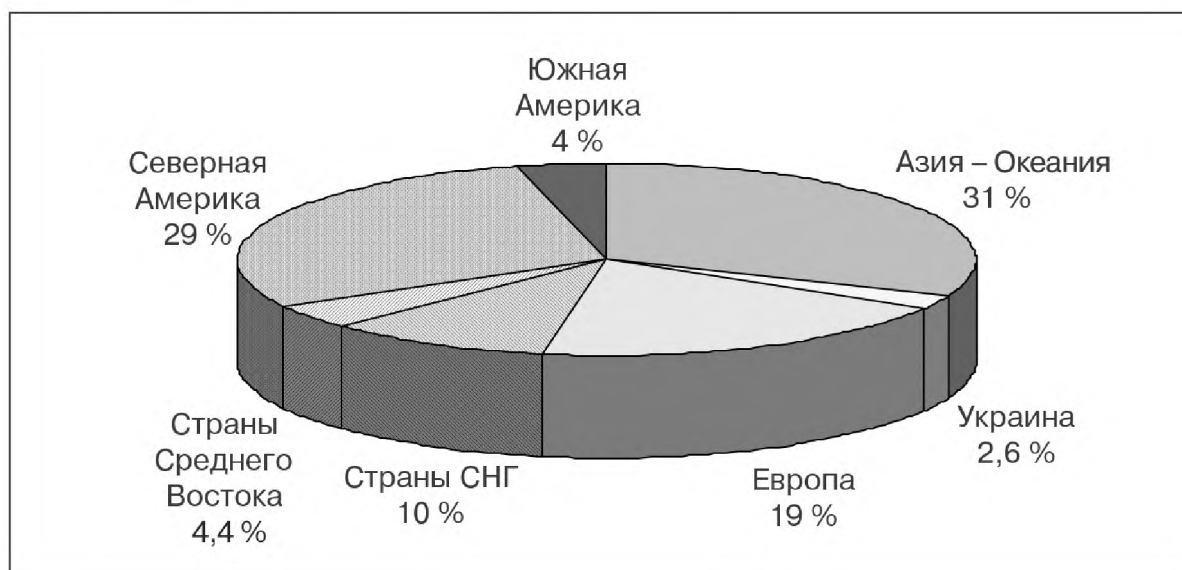
пускает видимый спектр солнечного излучения и поглощает инфракрасное излучение Земли. Вследствие этого вокруг Земли повышаются температура и влажность — это явление называют «парниковым эффектом». Общие энергообусловленные выбросы углекислого газа на планете достигают примерно 24 млрд т; на долю Северной Америки, Китая, Японии, стран СНГ и ЕС приходится около трех четвертей от общего количества выбросов  $\text{CO}_2$  (рис. 9.12). При этом значительное увеличение эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу наблюдается только в Китае: за 1990—1997 гг. на 34 %. В Азии—Океании выброс  $\text{CO}_2$  возрос по сравнению с 1993 г. на 3 %, в странах Среднего Востока — на 1 %. Вместе с тем, ряд стран вносит положительный вклад в данный процесс, например, в странах Европы в последнее время эмиссия  $\text{CO}_2$  уменьшена на 1 %, в Северной Америке — на 2 %, в Южной Америке — на 1 % [106, 137].



*a*

*б*

**Рис. 9.11.** Изменения температуры атмосферы планеты (*a*) и выбросов соединений углерода (*б*).



**Рис. 9.12.** Показатели эмиссии углекислого газа по регионам мира (1998 г.).

Состав вредных выбросов, образующихся в процессе использования традиционных энергоресурсов, и их количественные показатели представлены в табл. 9.7 и 9.8 [18].

**Таблица 9.7.** Ежегодные выбросы вредных веществ электростанциями мощностью 1000 МВт, работающими на органическом топливе при 75%-ном коэффициенте нагрузки

Характеристика	Общее потребление топлива		
	Уголь, 2,3 · 10 <sup>6</sup> т	Нефть, 1,74 · 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	Газ, 192 · 10 <sup>6</sup> м
Вредные выбросы, 10 <sup>3</sup> т:			
CO <sub>2</sub>	6356	6088	401
SO <sub>2</sub>	118,77	52,37	0,02
NO <sub>2</sub>	18,75	21,88	21,56
CO	1,04	0,63	0,51
HC	0,31	0,42	0,03
Альдегиды	0,004	0,21	—
Твердые частицы	4,17	0,88	0,31
Выбросы радиоактивных изотопов, 10 <sup>4</sup> Кю:			
Выбросы радиоактивных изотопов, 10 <sup>4</sup> Кю:			
Ra236	172	1,5	—
Ra228	108	3,5	—
Выделение тепла от: конденсата, Дж	4,05 · 10 <sup>12</sup>		7,67 · 10 <sup>12</sup>
дымовых газов, Дж	1,35 · 10 <sup>12</sup>		7,67 · 10 <sup>12</sup>

**Таблица 9.8.** Количество CO<sub>2</sub>, выделяющееся при сжигании различных видов органического топлива

Топливо	Содержание углерода в топливе, %	Выделение CO <sub>2</sub> при сжигании, тонн CO <sub>2</sub> на т у. т.
Бурый уголь	26...40	3,38...5,22
Продукты газификации угля	74	3,20*
Каменный уголь	75	2,75
Нефть	86	2,19
Природный газ	70	1,88
Метан	75	1,63
Водород	0	0

\* С учетом CO<sub>2</sub>, который выделяется при газификации угля для получения природного газа.

На пороге следующего столетия человечество стоит перед большими энергетическими и экологическими проблемами. Возрастающее количество народонаселения должно за умеренную плату получать достаточно энергии с учетом, естественно, глобального изменения климата и экономии ограниченных запасов энергии. Эту задачу нельзя решить, вернув экономику и общество в состояние, предшествовавшее промышленному веку. Зеленый путь на-

зад, к менее сложному и менее рациональному обществу является иллюзией в нашем реальном мире с почти шестью миллиардами человек, каждый из которых должен быть сыт, одет, иметь работу и крышу над головой, причем миллиард из них живут в абсолютной нищете. Этот путь назад отнял бы у развивающихся стран шанс на экономический прогресс, т е еще больше возросли бы нужда и нищета, а в промышленных странах он свел бы на нет достигнутый высокий жизненный уровень и социальную защиту

В 21 столетии классическими энергоносителями будут уголь, нефть, газ, а также атомная и водная энергия, которые удовлетворят большую часть потребности в энергии, и в дальнейшем должны будут нести основную нагрузку в электроснабжении

Отсюда следует, что первостепенная задача состоит в усовершенствовании работы современных экологически безопасных, ресурсосберегающих электростанций. Около 60 % электроэнергии в мире вырабатывается электростанциями, работающими на ископаемом топливе, в основном на каменном угле. Поэтому решающее значение для минимального загрязнения окружающей среды, равно как и для сбережения природных энергетических резервов и для экономичности, имеет повышение их эффективности.

В прошлом, вводя технические усовершенствования, можно было постоянно повышать КПД электростанций. КПД угольных электростанций за последние 60 лет почти удвоился, поэтому значительно снизился удельный расход топлива. В то время, как в 1890 г. на выработку 1 кВт-ч энергии расходовали около 3,7 кг угля, в 1950 г – всего 680 г. Современная угольная электростанция имеет сегодня значение КПД 45 % и расходует на 1 кВт-ч примерно 300 г топлива. В соответствии с этим, при выработке 1 кВт ч электроэнергии выделяется в 12 раз меньше углекислого газа.

Поскольку в будущем в глобальном масштабе нельзя будет отказаться от угля, который считается основным источником парникового газа  $\text{CO}_2$ , важнейшей задачей должно оставаться усовершенствование технологии эксплуатации угольных электростанций с целью повышения КПД и уменьшение количества вредных выделений.

Еще более высокий КПД достигается при комбинации газовых и паровых турбин в так называемых установках GUD. В них горячий отработанный газ из газовой турбины поступает в необогреваемый котел-утилизатор для получения пара в подсоединенной последовательно паровой турбине. КПД самых современных газовых турбин составляет около 38 %, КПД перспективной установки GUD равен 58 %, в то время как до сих пор максимальным значением является 55 %. Относительно КПД электростанций, работающих на ископаемом топливе, можно сказать следующее: ожидается повышение КПД электростанций, работающих на каменном угле, до 50 % и газотурбинных — до 40 %. Максимальным является сегодня КПД установок GUD, отапливаемых природным газом. Вследствие намеченных реальных мер по усовершенствованию паротурбинной части установки GUD и планируемого усовершенствования газовой турбины в конце этого десятилетия удастся превысить 60%-е значение КПД установок GUD.

Еще более значительный потенциал эффективности заложен в электростанциях будущего, работающих на основе топливных элементов, которые преобразуют химическую энергию без горения непосредственно в электрическую.

Процесс работы топливного элемента можно рассматривать как обратный по отношению к электролизу воды: при электролизе электрическая энергия расщепляет воду на ее составные части (водород и кислород). В топливном элементе, напротив, электрическая энергия вырабатывается при соединении водорода или преобразованного природного газа с кислородом или воздухом.

Фосфорнокислые топливные элементы уже достигли технической зрелости и имеются в продаже. Можно себе представить, что при КПД примерно 40 % и рабочей температуре около 200°C они могут использоваться для блочных ТЭЦ или для привода двигателя автобусов.

Керамические топливные элементы на основе оксидов работают при температуре около 1000 °С. Отходящее тепло настолько велико, что можно подключать традиционную секцию электростанции, например газовую турбину. При этом значение КПД может достигать 70 %.

Несмотря на большие преимущества топливных элементов, касающиеся высоких КПД и эмиссии, для обеспечения конкурентной способности необходимо повысить их долгосрочную стабильность, прежде всего снизить стоимость.

Коэффициент использования топлива до 90 % возможен в случае одновременного получения тепла и электроэнергии. Как правило, благодаря этому можно гораздо полнее использовать применяемые энергоносители, чем при выработке тока на конденсационных электростанциях, а тепла — на ТЭЦ. Необходимо создавать соответствующие предпосылки, в частности, почти одновременно потреблять ток и тепло.

Атомная энергия играет сейчас очень важную роль с точки зрения уменьшения выброса CO<sub>2</sub> и сбережения природных запасов угля. Сегодня в мире работает 437 атомных электростанций, преимущественно с реакторами с легкой водой, которые дают 17 % потребляемой электроэнергии и избавляют окружающую среду от выброса более чем 2 млрд. т CO<sub>2</sub> в год. Во всем мире сейчас строится 53 атомные электростанции существуют конкретные проекты еще 12. В будущем атомная энергия будет приобретать все большее значение, поскольку только она способна помочь снизить уровень CO<sub>2</sub> во всем мире.

Необходима разработка нового поколения атомных электростанций с усовершенствованной концепцией безопасности. В это направлении предпринимаются определенные шаги. Так, завершается этап основного проектирования «европейского реактора, охлаждаемого водой под давлением» (EPR) [x]. Этот реактор является эволюционным развитием современных больших реакторов, охлаждаемых водой под давлением, где учтен 30-летний опыт строительства и эксплуатации атомных электростанций. Речь идет о еще большем повышении достаточно высокого уровня безопасности. Для этого,



во-первых, предусматриваются различные меры, касающиеся снижения вероятности аварий, чтобы устранить полностью уже почти не существующий сегодня риск радиоактивного поражения. А во-вторых, создаются устройства, дающие возможность управлять распадом ядра. Цель разработки — ограничить действие последствий самых тяжелых аварий на атомных электростанциях настолько, чтобы не нужны были эвакуация, переселение и пр. Аналогичные разработки ведутся в России.

Возобновляющиеся энергоносители, например вода, солнце, ветер и биомасса, не смогут в обозримом будущем заменить классические энергоносители, а способны только их дополнить в большей или меньшей степени в зависимости от местных условий. Поскольку они являются не альтернативными, а дополнительными энергоносителями, ими не следует пренебрегать так же, как и не следует переоценивать их значение. Теоретический потенциал, например, солнечного излучения или ветра, зачастую приводит к иллюзорным ожиданиям. Если рассмотреть соответствующие помехи, станет ясно, что с учетом современных технологий и КПД технически можно использовать только небольшую часть теоретического потенциала. Экономический потенциал ограничивает технический в том смысле, что приоритет будет принадлежать той части экономического потенциала, которая в определенных экономических условиях может дать больший экономический эффект по сравнению с конкурирующей. Потенциал использования вытекает из экономического потенциала с учетом скорости появления на рынке, устранения препятствия и изменения ситуации. Поскольку экономический потенциал, как правило, проявляется не сразу, а зачастую через очень продолжительное время, то потенциал использования в основном еще меньше, чем экономический.

Экономически полезный потенциал водной энергии во всем мире используется в настоящее время почти на 30 %, технический потенциал — на 20 %.

К примеру, в Южной Америке, Азии, Восточной Европе и Африке экономический потенциал используется далеко не полностью. Все большее сомнение с экологической точки зрения вызывает попытка завладеть этим потенциалом путем сооружения больших электростанций в руслах рек, на гидроузлах или плотинах в горной местности.

Во всем мире на побережье морей и океанов уже сегодня функционирует более 30000 ветросиловых установок. Все вместе они имеют мощность примерно 5000 МВт и вырабатывают около 7,5 млрд. кВт энергии, что составляет 0,06% выработки энергии во всем мире.

Решающим фактором дальнейшего использования энергии ветра также является экономичность. Поскольку с увеличением размера установок снижается удельная стоимость выработки энергии, наблюдается интерес к более крупным установкам. Но даже установка в 500 кВт без дотаций может использоваться лишь в местах со среднегодовой скоростью ветра на уровне свыше 10 м более 5,8 м/с. Такие условия зафиксированы лишь в очень не-

многих местах. К 2002 г. ожидается добавка ветровой энергии – 425 млрд кВт ч, т.е. 2% мирового энергопотребления.

Экономический потенциал использования солнечной энергии (гелиоэнергетики) сегодня во всем мире очень низок. Причины этого заключаются, прежде всего, в низкой концентрации мощности излучения, колебаниях в зависимости от времени суток и погоды, а также в низком КПД. Следствием является потребность в больших поверхностях и в сложной технике аккумулирования энергии. Тем не менее солнечная энергия все больше используется в отдаленных, не связанных с энергетической сетью, районах, особенно в сельской местности жарких стран. В любом случае на первом плане всегда стоит снижение стоимости 1 кВт-ч, например, за счет повышения КПД фотогальванических элементов, новой концепции солнечных батарей, улучшения инверторов, разработки стандартных систем выработки энергии. Можно также попытаться в будущем значительно снизить стоимость энергии, полученной за счет преобразования солнечной энергии, которая пока что в 20 раз дороже энергии, вырабатываемой на теплоэлектростанциях. По прогнозам до 2020 г., солнечная энергия могла бы внести в энергоснабжение свою долю – около 0,1%.

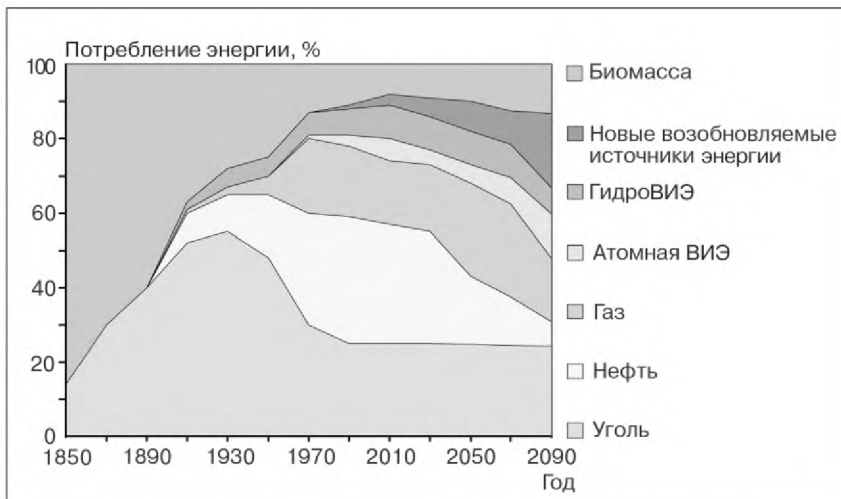
Солнечно-водородный проект предполагает использование водорода в качестве химического аккумулятора энергии и получение, таким образом транспортабельного, сгорающего с выделением небольшого количества вредных веществ, энергоносителя, который когда-нибудь заменит израсходованные запасы нефти. Одновременно необходимо решить одну из главных проблем — проблему аккумулирования электроэнергии в больших количествах. Стоимость водородно-солнечной энергетики остается очень высокой.

Однако, чтобы выдержать огромные нагрузки с точки зрения энергии и охраны окружающей среды, перед которыми стоит человечество, необходимы все энергоносители, особенно не выделяющие CO<sub>2</sub>. Многие технологии для решения этих проблем уже существуют, иные еще будут созданы.

Мировой опыт показал, что благодаря внедрению в промышленность новых научных решений и проектно-конструкторских разработок вклад возобновляемых источников в энергобаланс отдельных стран и в общее энергопотребление на планете с каждым годом увеличивается.

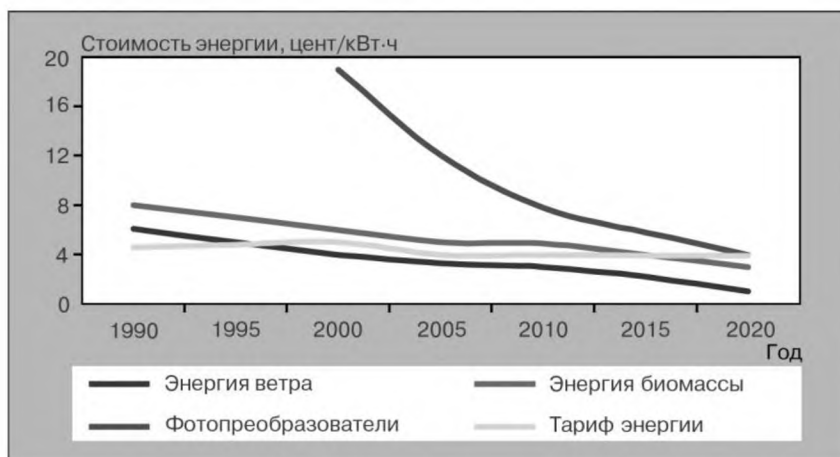
Общая доля всех возобновляемых источников энергии, как традиционных (дрова, гидроэнергия больших рек), так и нетрадиционных (ветер, Солнце, биомасса, гидроэнергия малых рек, геотермальная энергия), на сегодняшний день в общем мировом энергообеспечении составляет около 16 %; в дальнейшем, в соответствии с прогнозными оценками, предусматривается постепенное увеличение части использования возобновляемых источников энергии (рис. 9.13):

- в 2050 г. — до 30 %;
- в 2100 г. — 45 % [52].



**Рис. 9.13.** Прогнозируемые изменения мирового потребления энергии основных энергоресурсов.

Стоимость одного киловатт-часа энергии, произведенной при использовании основных видов возобновляемых источников (ветровой, солнечной энергии и энергии биомассы), и ее прогнозируемое снижение показаны на рис. 9.14.



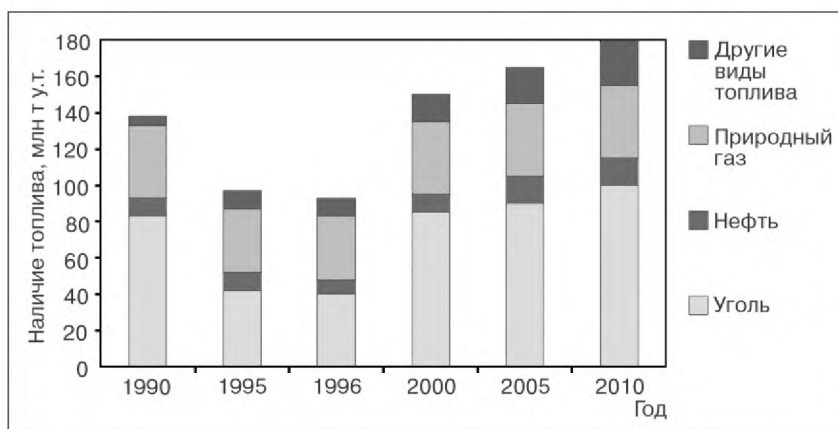
**Рис. 9.14.** Изменение стоимости энергии в зависимости от вида энергоисточника.

Учитывая основные тенденции роста энергопотребления, как общего, так и удельного (на душу населения), можно путем экстраполяции получить прогноз до 2100 г. Необходимо отметить, что прогнозы большинства авторов (см., например, [24, 25, 31, 85]) составлены на основании данных по энергопотреблению за период с 1960 по 1980 г., когда прирост потребления энергии был самым большим за всю историю человечества. Согласно фактическим данным большинство из предыдущих прогнозов не совпадает с реальным состоянием в настоящее время — не наблюдается такого стремительного роста энергопотребления, как предполагалось ранее. Если за исходный показатель принять удвоение общих объемов потребления энергии в мире, то видно, что до 1960 г. удвоение общего количества потребляемой энергии на-

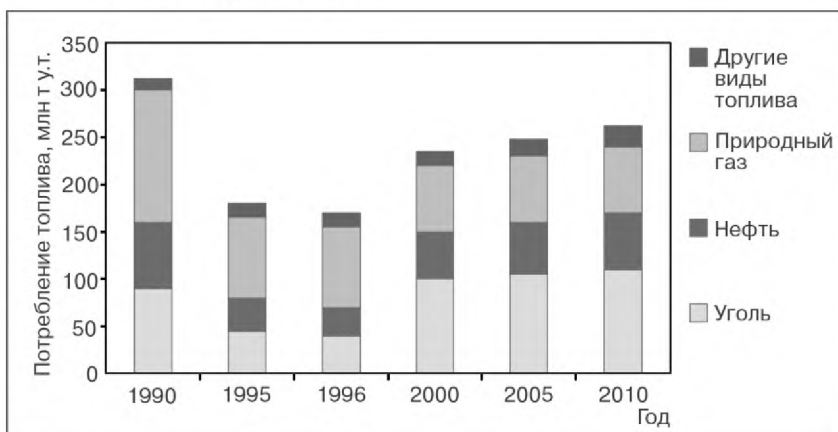
блюдалось за значительно больший период — 50 лет. После 1980 г. период удвоения потребления энергии не превышает 40 лет.

#### 9.4. Энергетика Украины как часть мировой энергетики

**Потенциал.** В расчетах использованы показатели годового потребления энергии в Украине, запланированного на 2010 г. (табл. 9.9) [38]. Наличие собственных ресурсов различных видов органического топлива в Украине для внутреннего потребления на период до 2010 г. и их соотношение между собой показано на рис. 9.15, потребность народного хозяйства Украины в природных (первичных) топливных ресурсах до 2010 г. — на рис. 9.16.



**Рис. 9.15.** Диаграмма изменения запасов органического топлива в Украине до 2010 г.



**Рис. 9.16.** Диаграмма потребления органического топлива в Украине до 2010 г.

**Анализ потребности Украины** в различных видах энергоресурсов на период 1990—2010 гг. (табл. 9.9 [38]) показывает, что собственные запасы органического топлива при активной эксплуатации месторождений нефти и газа будут исчерпаны уже в самое ближайшее время. Исключение составляют запасы угля, имеющиеся в достаточном количестве на значительный срок — до 1000 лет [52].

При внедрении технологий получения из угля синтетического бензина и газа Украина могла бы полностью решить проблему энергетической независимости.

**Таблица 9.9. Запасы энергоресурсов в Украине**

Топливо	Разведанные энергоресурсы, млрд т у.т.		Потенциальные запасы энергоресурсов, млрд т у.т.		Годовое потребление энергии, млн т у.т./год	Срок истощения энергоресурсов, год	
			Разведанные	Прогнозные		Разведанные	Прогнозные
Уголь, млрд т	52,6	37,6	117,3...	83,8	100	400	800
Нефть, млн т	227,6	0,32	...1000	1,40	70	5	20
Природный газ, млрд м <sup>3</sup>	1120	1,36	4000...5000	4,86...6,07	90	15	60

Здесь следует учитывать зарубежный опыт. Так, экспертный анализ показывает, что, несмотря на высокую эффективность использования таких видов углеводородного энергетического сырья, как газ и нефтепродукты, промышленно развитые страны в основу своих топливно-энергетических балансов, для выработки электро- и теплоэнергии закладывают угольную доминанту. В результате там, где уголь играет доминирующую роль в топливно-энергетическом балансе, он является стабилизатором цен и тарифов в электро- и теплоэнергетике.

Например, в России в структуре потребления первичных энергоресурсов доля газа составляет сегодня 51,6%, тогда как в среднем по миру эта величина находится на уровне 20%. В производстве электроэнергии на газовое топливо приходится 66,5%, а на уголь всего 18,3%. Средний показатель доли угля в мировой энергетике - около 47%.

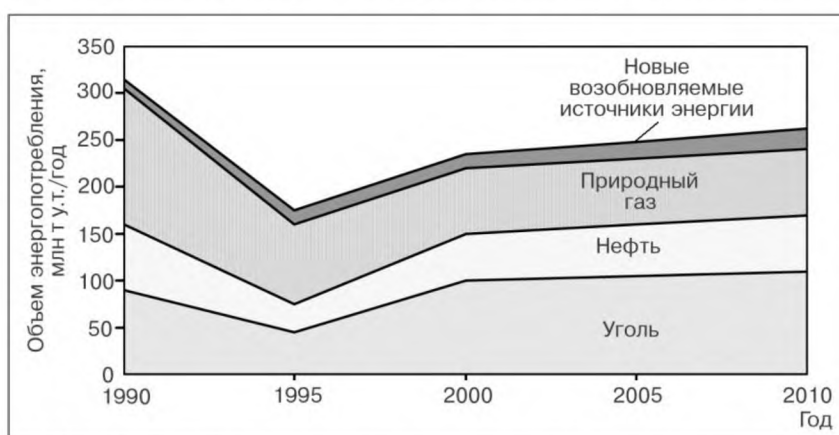
Такая ситуация, по мнению С. Шатинова [], «значительно подрывает надежность энергоснабжения и создает реальную угрозу энергетической безопасности нашего государства». Такая ситуация сложилась в силу целого комплекса причин. Но, прежде всего, перекос ТЭБ в сторону одного энергоносителя обусловлен искусственным занижением внутренних цен на газ, сложившимся очень давно. Ценовая диспропорция такова, что уголь оказался в 1,6 раза дороже газа в пересчете на 1 тонну условного топлива. В результате уголь практически вытесняется с энергетического рынка.

Однако ситуация в газовой промышленности меняется. Газ в России действительно еще много, но дешевый газ на исходе. Представители «Газпрома» официально заявляют, что в ближайшие годы себестоимость газа может увеличиться в 4-8 раз, и соответственно возрастет его цена.

В складывающихся условиях государство должно расставить правильные акценты на использование имеющихся первичных энергоресурсов. Совершенно очевидно, что сегодня и на ближайшую перспективу необходимо постепенно

рационально увеличивать долю угля в ТЭБ. На этом основании будут приниматься прогнозные решения с последующим их выполнением.

**Энергопотребление.** В Украине с 1990 г. происходило достаточно резкое снижение объемов как общего энергопотребления, так соответственно и основных первичных энергоресурсов, но с 1995 г. наблюдается увеличение объемов энергопотребления, которое, как предусматривается, будет продолжаться (рис. 9.17). Как видно из рисунка, при увеличении общего энергопотребления доля органического топлива будет оставаться на предыдущем уровне — объемы потребления угля будут несколько увеличиваться, природного газа — уменьшаться, а нефти — оставаться на том же уровне; объемы потребления энергии за счет возобновляемых источников энергии, начиная с 2000 г., будут возрастать быстрыми темпами. Цифры, характеризующие потребность Украины в первичных энергоресурсах, приведены в табл. 9.10.



**Рис. 9.17.** Изменение потребления энергии основных энергоресурсов в Украине до 2010 г.

**Таблица 9.10.** Потребность Украины в первичных энергоресурсах

Топливо	Единица измерения	Год						Темп изменения, %	
		1990	1995	1996	2000	2005	2010	2010 г. 1990 г.	2010 г. 1995 г.
Потребность, всего	млн т у.т.	308,2	187,8	178,7	250,8	268,4	273,0	88,6	145,4
Уголь (то-варный), всего	млн т	127,5	75,0	67,0	116,9	122,0	129,6	98,0	169,2
	млн т у.т.	99,1	57,4	51,2	88,1	91,9	97,1		
Нефть, всего	млн т	49,3	17,3	13,7	42,0	47,0	47,0	95,3	273,2
	млн т у.т.	70,5	24,6	19,6	60,0	67,2	67,2		
Газ природный, всего	млрд м <sup>3</sup>	118,7	85,4	87,1	78,9	82,8	80,3	67,7	94,1
	млн т у.т.	136,5	98,2	100,2	90,7	95,4	92,4		
Метан угольных месторождений, всего	млрд м <sup>3</sup>	—	0,1	0,1	0,4	6,0	8,0	—	92 раза
	млн т у.т.		0,1	0,1	4,6	6,9	9,2		
Другие виды топлива, всего	млн т у.т.	2,1	1,5	1,6	1,4	1,2	1,1	52,4	73,3
Децентрализованные заготовки, всего	млн т у.т.		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	—	100,0

**Энергетика и экология.** В настоящее время самым большим источником загрязнения атмосферного воздуха в Украине является энергетика. Это

относится как к собственно энергетике — отрасли, использующей до 40 % всего органического топлива, так и к промышленной, муниципальной и сельской энергетике. Последние, по сути, представляют собой отдельную отрасль промышленности, состоящую из разрозненных объектов и потребляющую не менее 40 %, а с учетом металлургии — 60 % органического топлива [93].

На долю энергетической отрасли Украины приходится 29 % вредных выбросов, в том числе:

- *твердых веществ* — 30 %,
- *сернистого ангидрида* — 63 %,
- *оксидов азота* — 57 %.

В Донецкой области на долю энергетики приходится 30 % всех выбросов в атмосферу, в Днепропетровской — 24 %, в Луганской — 18 %, в Запорожской — 49 %, в Харьковской — 58 %, в Ивано-Франковской — 73 %, в Киевской — 67 %, в Винницкой — 71 %. ТЭЦ металлургической и химической промышленности, а также ТЭЦ сахарных заводов добавляют еще 48 % выбросов в Донецкой области, до 70 % в Днепропетровской области и до 85 % в АР Крым.

Для Украины наиболее актуальным является контроль и уменьшение твердых (зола, пыли, сажи) и газообразных ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , СО бензопирена) выбросов. Даже без учета последствий Чернобыльской катастрофы удельное загрязнение на единицу территории Украины является одним из самых высоких в Европе. «Зоны экологического бедствия» занимают более 15 % всей территории Украины: Чернобыльская зона отчуждения, Донбасс, Кривбасс, Приднепровье, Приднестровье, Северный Крым, побережье Черного и Азовского морей. При рассмотрении территориального расположения неблагоприятных регионов видно, что в этих регионах могут быть эффективно внедрены установки на основе возобновляемых источников энергии.

Использование энергии возобновляемых и нетрадиционных источников в запланированных объемах позволит ощутимо уменьшить количество вредных выбросов в окружающую среду и соответственно уменьшить затраты, необходимые на их обезвреживание при применении органического топлива.

**Перспективы развития.** Важнейшим вопросом является привлечение инвестиций для развития предприятий топливно-энергетического комплекса, транспортировки и переработки углеводородов, технического перевооружения отраслей ТЭК.

В число первоочередных задач входит огромное число проблем, среди них выделяются следующие: активизация геологоразведочных работ и восстановление темпов воспроизводства запасов в необходимых для отрасли объемах; разработка и внедрение современных энергосберегающих технологий и оборудования; внедрение эффективных технологий для снижения техногенной нагрузки ТЭК на окружающую среду; повышение экономической эффективности транзита энергоносителей.

Следует отметить, что во многих странах Евросоюза успешно функционирует централизованное управление энергетическими системами с обязательным государственным регулированием при сохранении элементов конкуренции. В Германии

существует закон, прямо прописывающий установление конкретных цифр и отдельных позиций прогнозных балансов топлива и энергии.

Особое внимание уделяется отчетности бизнеса перед государственными структурами и взаимодействию между государством и производителями энергии. В США, стране, по праву считающейся флагманом рыночной экономики, Конгресс утверждает документ фактически в ранге закона, под названием «Национальная энергетическая политика», где прописываются главные параметры топливно-энергетического баланса и намечаются конкретные меры по достижению этих параметров. В частности, в последней «Национальной энергетической политике США» заложено около двухсот мер, причем большую их часть должен детализировать президент страны, лично курирующий ее выполнение.

Интерес представляет опыт ряда стран и в области обеспечения прозрачности данных о балансовых показателях. Власти там весьма серьезно занимаются этой проблемой. Государственное регулирование в ряде экономически развитых стран распространяется не только на балансы, но также на тарифы топлива и энергии. Например, в тех же Соединенных Штатах тарифы на федеральном рынке электроэнергии устанавливаются на пять лет федеральным законом, принимаемым Конгрессом. А на уровне отдельных Штатов существуют комиссии по социальным вопросам, которые не только устанавливают для конечных потребителей тарифы на газ, электроэнергию, тепло, но и ведут учет категорий населения, которым положены компенсации и доплаты.

Зарубежный опыт показывает, что в экономически развитых странах государственная власть быстро реагирует на любые изменения, складывающиеся на рынке топлива и электроэнергии. И если ранее принятые законы и параметры ТЭБ оказываются недостаточно результативными, то оперативно принимаются решения об изменении курса и соответствующей корректировке параметров баланса.

Тот же зарубежный опыт говорит о том, что государственный контроль за балансами топлива и энергии, основанный на методах рыночного регулирования, приводит к эффективным результатам в тарифной и ценовой политике и является основой динамичного развития производительных сил в экономике этих государств.

На основе результатов оценки современного состояния и перспектив развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и малой гидро- и теплоэнергетики в Украине, которая включала в себя оценку научно-технического и производственного потенциала, технико-экономические показатели отечественного оборудования и оценку обеспечения потребностей народного хозяйства, были определены технически и экономически целесообразные объемы внедрения энергетического оборудования, объемы и источники финансирования, а также экономия топливно-энергетических ресурсов, полученная в результате внедрения НВИЭ [82]. Потенциал нетрадиционных источников энергии в Украине по главным направлениям их освоения представлен в табл. 9.11.

**Таблица 9.11.** *Потенциал нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в Украине*



Направление НВИЭ	Годовой потенциал					
	Общий		Технический		Целесообразно-экономический	
	млрд кВт. ч	млн т у.т.	млрд кВт. ч	млн т у.т.	млрд кВт. ч	млн т у.т.
Ветроэнергетика	270,0	97,2	30,0	10,8	3,8	1,2
Солнечная энергетика	720000,0	88400,0	3460,0	720,0	5,4	0,9
Геотермальная энергетика	438,0	50,0	262,8	30,0	180,0	21,0
Малая гидроэнергетика	12,5	4,5	8,3	3,0	3,7	1,3
Нетрадиционное топливо	165,2	20,3	165,2	20,3	165,2	20,3
Энергия окружающей среды и сбросовый энерго-технологический потенциал	2806,7	421,2	1135,0	170,4	96,3	14,5
<b>В с е г о</b>	<b>723692,4</b>	<b>88993,2</b>	<b>5061,3</b>	<b>954,5</b>	<b>454,4</b>	<b>59,2</b>

Основной целью «Программы государственной поддержки развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и малой гидро- и теплоэнергетики» (далее «Программы развития НВИЭ») являются создание и обеспечение необходимых условий для разработки и внедрения эффективных технологий и оборудования с использованием НВИЭ и малой гидро- и теплоэнергетики. Это позволит сократить объемы потребления традиционных топливно-энергетических ресурсов в Украине, а также улучшить состояние экологической и социальной сфер государства. Для внедрения эффективных мер по реализации «Программы развития НВИЭ», в частности экономико-правового, нормативно-методического, организационно-руководящего, информационного и кадрового обеспечения, предусматривается выполнение таких задач:

- определение ресурсов и создание кадастров НВИЭ Украины;
- подготовка и первоочередное внедрение законченных научно-технических проектов;
- определение перспективных научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок и организация их внедрения;
- разработка нормативно-правовой базы и законов прямого и косвенного действия, которые будут оказывать содействие внедрению разработок на основе НВИЭ;
- привлечение средств всех заинтересованных субъектов хозяйствования и обеспечение благоприятных условий для внедрения предложенных заданий;
- формирование и реализация управления в сфере нетрадиционной энергетики;
- организация контроля за эффективностью осуществления заданий программы и использованием средств;
- создание сертификационной и метрологической базы;
- строительство базовых демонстрационных объектов по всем направлениям НВИЭ;
- создание базы для производства технических устройств и оборудования, монтажа, эксплуатации, ремонта и сервиса;

- создание профильной инфраструктуры на основе уже существующих учебных, проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций;

- содействие образованию частных и общественных организаций, которые будут заниматься распространением и популяризацией нетрадиционной энергетики.

Социальная значимость реализации приведенной программы состоит в создании дополнительных рабочих мест в научной, производственной, культурно-образовательной, правовой, государственной и общественной сферах деятельности, а также в содействии становлению и развитию производственных и обслуживающих предприятий в сельской местности; экологическая значимость состоит в значительном уменьшении вредных выбросов, образующихся при сгорании органического топлива.

В Украине доля энергии возобновляемых источников в общем энергопотреблении имеет тенденцию к возрастанию:

- в 1990 г. — 1,65 %;
- в 1992 г. — 2,1 %;
- в 1995 г. — 2,35 %;
- в 1996 г. — 2,45 %;
- в 1997 г. — 2,73 %;
- в 1998 г. — 3,05 %.

При условии полного выполнения заданий «Программы развития НВИЭ» в Украине годовая доля потребления энергии за счет использования НВИЭ в 2005 г. будет составлять 3,6 %, а в 2010 г. более 10 % общего объема потребления энергии в народном хозяйстве Украины. С учетом традиционных возобновляемых источников энергии (энергия, полученная за счет использования дров и больших водотоков) общая доля новых и традиционных возобновляемых источников энергии в 2010 г. достигнет 15 % общего объема потребления энергии в народном хозяйстве Украины (табл. 9.12).

**Таблица 9.12.** Доля возобновляемых источников энергии в энергопотреблении Украины

Вид ТЭР	Единица измерения	Год				
		1990	1995	2000	2005	2010
Общая потребность в энергоносителях	млн т у.т.	3082	1878	2508	2684	273
	%	100	100	100	100	100
Возобновляемые источники энергии, всего	млн т у.т.	5,052	4,418	7,735	17,03	41,872
	%	1,64	2,35	3,1	6,3	153
Традиционные, в том числе: гидроэнергия	млн т	4,85	4,16	5,5	6,04	9,64
	у.т.	2	8	4,5	5,04	8,64
	млн т	3,85	3,16			
	у.т.	2	8			
дрова	млн т	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	у.т.					
Нетрадиционные	млн т	0,2	0,25	2,23	11,2	32,2
	у.т.		0	5	63	32

Показатели среднегодового обеспечения потребностей Украины в энергоресурсах за счет использования различных видов НВИЭ в результате по-

этапного выполнения заданий «Программы развития НВИЭ» представлены в табл. 9.13 [82]. Несмотря на отсутствие запланированного государственного финансирования заданий этой программы за счет использования НВИЭ и альтернативного топлива в Украине, за три года (1996—1998 гг.) достигнута общая экономия топливно-энергетических ресурсов в объеме больше 4,65 млн. т у.т., причем в 1996 г., до введения в действие «Программы развития НВИЭ», показатель экономии традиционных энергоресурсов был почти вдвое меньше, чем за каждый последующий год.

Уже на сегодня объемы энергии, выработанной при использовании нетрадиционных источников энергии и топлива, составляют около 1 % общего потребления топливно-энергетических ресурсов. Однако следует учитывать то, что выход на запланированные объемы экономии ТЭР до 2010 г. возможен только при соответствующем финансировании заданий, создании мощной научно-технической и производственной базы нетрадиционной энергетики с постепенным наращиванием мощностей соответственно заданий второго и третьего этапа «Программы развития НВИЭ».

**Таблица 9.13.** *Плановые показатели использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии по «Программе развития НВИЭ»*

Направление НВИЭ	Объемы потребления энергии, млн т у.т./год		
	2000	2005	2010
Ветроэнергетика	0,018	0,25	0,969
Солнечная энергетика	0,033	0,111	0,306
Геотермальная энергетика	0,2	2,0	6,4
Нетрадиционное топливо	1,72	6,5	20,03
Энергия окружающей среды и сбросовый энерготехнологический потенциал	0,194	0,828	1,257
Комбинированные энергетические системы на основе НВИЭ и системы аккумулирования	0,002	0,041	0,263
Малая гидроэнергетика	0,068	1,533	3,007
<b>В с е г о</b>	<b>2,235</b>	<b>11,263</b>	<b>32,232</b>

Решение комплекса энергетических проблем положительно скажется на социально-экономическом положении Украины. Поэтому сегодня необходимо предпринять серьезные усилия по преодолению многих объективных трудностей, что позволит достичь позитивной динамики показателей топливно-энергетического комплекса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аппарат исследования сложных систем создавался, прежде всего, для решения теоретических задач – построение моделей, адекватных свойствам сложных систем уже на аксиоматическом уровне, и реализации «естественной» стратегии оптимизации, сводящейся к моделированию эволюции системы под действием внешних факторов. Это определило его структуру. Аппарат включает:

- концепцию, понятия, методы исследования, способы описания, ограничения, аксиоматическую волновую модель С- пространства, обладающую свойствами открытости, целостности и т.д.;
- теорию самоорганизации С- пространства, включающую зависимые от внешних факторов, сценарии расслоения-свертки С- пространства, схемы неаддитивного образования С- множеств; наборы характеристик; факторы самоорганизации; условия реализации и частные случаи С- операций; процедуру измерений. Теория прогнозирует неаддитивность характеристик множеств и элементов и позволяет рассчитывать: изменения размерности С- пространства; распределение потенциалов, длин и амплитуд, изменение модальностей существования и состояния волн и солитонов;
- графические модели, сохраняющие различные наборы инвариантов организации, а также методы калибровки и способы сведения С- отображения к последовательностям топологических, проективных и метрических преобразований с точностью до определенных калибровочных инвариантов. Разработанные классификация С- отображений и объектных моделей.

Использование этого аппарата в целях моделирования и оптимизации сложных систем в эргономике, строительстве и энергетике привело к положительным результатам. В частности:

1) для эргатических систем:

- определены формальные выражения условий совместимости и синергии, построены модели организации ЭС, как реализации сценариев самоорганизации, что позволило сформулировать рекомендации относительно улучшения структуры ЭС, правила расчета пропорций и размеров при компоновке СОИ; мероприятия по использованию синергии для предотвращения факторных накладок и стабилизации работы операторов;
- построены графические модели отношений человека и среды, восприятия, распознавания, принятия решения, действий управления, что позволило предложить решение интуитивной системы отображения информации (показаны его преимущества в скорости и надежности), рекомендации относительно учета природных и биологических ритмов, форм и размеров помещения, факторов влияния на психоэмоциональное состояние оператора;

- при проектировании СОИ использована стратегия оптимизации на основе теории самоорганизации, что позволило формализовать цель, критерии и ограничения задачи условной оптимизации с неоднородными критериями, получить формулы расчета весовых коэффициентов и целевых функций. В свою очередь, это сделало возможным сокращение дерева перебора вариантов, усовершенствование процедуры их поиска, обоснование рекомендаций относительно обработки предпроектной информации, создания базы данных, автоматизации некоторых этапов проектирования, а также системы оценок готовых решений;
- для усовершенствования отбора, контроля и подготовки операторов предложены графические способы представления данных с учетом реальных взаимосвязей показателей, их приоритетов, весов, скоординированных изменений, связанные с методами исследования и процедурой измерений, общей оценкой эргономичности и программой спецподготовки операторов.

2) для технологических систем в строительстве:

- предложена и обоснована с позиций общей теории систем концепция технологической системы монолитного строительства, как целостной, открытой, организованной, адаптивной структуры из неоднородных составляющих. Конкретизированы параметры, ограничения, функциональные зависимости. Это позволило разработать графоаналитическую модель технологической системы монолитного высотного жилищного строительства, увязав ее организационную структуру и функции с внешними условиями и требованиями. Такая увязка обеспечивает адаптивность и эффективность функционирования системы;
- предложена и реализована инновационная стратегия оптимизации. Ее применение позволяет прогнозировать направления инноваций и целенаправленно изменять целевые функции и ограничения, достигая посредством ряда итераций уровня оптимальности, превышающего показатели отдельно взятых математических или технологических составляющих.
- усовершенствован комплекс технологий опалубочных, арматурных и бетонных работ, построенный на основе модульной крупнощитовой опалубочной системы, достигнуто значительное сокращение трудовых, материальных и финансовых затрат. Следует отметить технологические и организационные усовершенствования по сравнению с практикой ведущих мировых строительных фирм;
- усовершенствованы методы комплексной оценки технологической системы монолитного каркасного высотного жилищного строительства.

3) для энергетики:

- возрастающий общемировой дефицит энергии, исчерпаемость ископаемого органического и ядерного топлива, тепловое, химическое и радиоактивное загрязнение окружающей среды, проблема хранения и утилизации отходов традиционной энергетики — вот только некоторые ограничения, определяющие развитие мировой энергетики и энергетики Украины в частности. Анализ этих факторов на основе системного подхода, обоснование перспектив развития энергетики – вот основные проблемы, для решения которых был использована теория самоорганизации.

Совершенствование энергетических систем, повышение качества строительства, улучшение энергетического баланса – если данная книга хотя бы отчасти помогла достижению указанных целей, авторы будут считать свой труд ненепрасным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов В.С., Бессер Я.Р.* Индукционный прогрев железобетонных конструкций в зимних условиях. - М.: Стройиздат, 1967. - 25 с.
2. *Адрианова В.Е.* Деятельность человека в системах управления.-Л.:Изд. ЛГУ, 1974.-212 с.
3. *Александров А.Д.* Математика, ее содержание, методы и значение, тт.1-3.- М.,1956
4. *Александров А.Д.* Начала геометрии.-Новосибирск.:1981.-45 с. (Препр./СО АН СССР, ИМ).
5. *Александров А.Д.* Основания геометрии.-М.:Наука,1987.-288 с.
6. *Амбарцумян С.А.*- Основы проектирования и производства опалубочных работ. Автореферат дисс.д-ра техн.наук.- Ереван, 2000. - 40с.
7. *Антанавичус К.А.* Моделирование и оптимизация в управлении строительством. - М.: СИ, 1979. – 198 с.
8. *Антонов О.К.* Планеры и самолеты.- К.: Наукова думка, 1990.-504 с.
9. *Арнхейм Р.* Искусство и визуальное восприятие.-М.:Прогресс,1974.-392 с.
10. *Атаев С.С.* Технология индустриального строительства из монолитного бетона. – М.: Стройиздат, 1989. - 336 с.
11. *Бадеян Г.В., Ковальов Ю.М., Плоский В.О.* Інноваційна оптимізація: теоретико-експериментальний метод удосконалення технологічних систем //Прикл. геометрія та інж. Графіка.- К., 2001.-Вип.69
12. *Бадеян Г.В., Ковалев Ю.Н., Плоский В.А.* Технологическая система монолитного каркасного домостроения // 3 міжнародна науково-техн. конф., т.1.
13. *Бадеян Г.В.* Технологія и механизация возведения монолитных железобетонных конструкций.-К.:Наукова думка,2003.-408 с.
14. *Бадеян Г.В., Ковальов Ю.М., Дорошенко Ю.О. та ін.* Розробка бази даних системної опалубки будівельної корпорації//Сучасні пробл. геом.. модел. Матеріали між нар. Науково-практ. конф.- Львів, 2003.-с.144-148
15. *Баевский Р.М.* и др. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе.-М.:Наука,1984.-221 с.
16. *Бездетнов Н.* Тип индикации. Какой лучше? // Авиация и космонавтика,1976. -№10.-С.20-21
17. *Береговой Г.Г, Завалова И.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А.* Экспериментальные психологические исследования в авиации и космонавтике / Под ред. Б.Ф. Ломова, К.К. Платонова.-М.:Наука,1978.-303 с.
18. *Березовский Б.И., Евдокимов Н.И.* и др. Возведение монолитных конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1981. - 323 с.
19. *Бессер Я.Р.* Методы зимнего бетонирования.- М.: Стройиздат, 1976.-163 с.
20. *Бешелев С.Д., Гуревич Ф.Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. - М.: Статистика, 1980. - 163 с.

21. *Божко Ю.Г.* Основы архитектоники и комбинаторики формообразования.-Х.:Высшая школа, 1992.-184 с.
22. *Брук В.М., Николаев В.И.* К оценке эффективности многокритериальных систем // Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1979.-№ 4.-С.45-51
23. *Бурлачук А.Ф.* Исследование личности в клинической психологии.-К., 1979.-176 с.
24. *Вальков К.И.* Лекции по основам геометрического моделирования.-Л.: ЛИСИ, 1970.- 239 с.
25. *Вальков К.И.* Геометрические аспекты принципа инвариантной неопределенности.-Л.:ЛИСИ,1975.-143 с.
26. *Вальков К.И.* Проекционный схематизм – инструмент и метод.-Л.: ЛИСИ, 1988.-82 с.
27. *Васильев В.И.* Распознающие системы.-К.:Наук. думка,1983.-422 с.
28. *Васильева Ю.С.* Производственная эстетика и эффективность труда.- М.: Экономика,1968.-134 с.
29. *Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И.* Экология использования возобновляющихся энергоисточников. — Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. — 343 с.
30. *Васютинский Н.А.* Золотая пропорция.-М.:Молодая гвардия,1990.-238 с.
31. *Вейль Г.* Симметрия.-М.:Наука,1968.-192 с.
32. *Венда В.Ф.* Инженерная психология и синтез систем отображения информации. М.:Машиностроение,1982.-344 с.
33. *Водород.* Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение / Под ред. Гамбурга Д.М. — М. : Химия, 1989. — 671 с.
34. *Волков А.П., Жоголь Л.Я.* Цвет в интерьере промышленных зданий.-К.: Будівельник, 1980.-34 с.
35. *Воронин А.Н.* Многокритериальный синтез динамических систем.-К.:Наук. думка,1992.-160 с.
36. *Воронин А.Н., Зиятдинов Ю.К., Харченко А.В., Осташевский В.В.* Сложные технические и эргатические системы: методы исследования.-Х.:Факт.-240 с.
37. *Гейтинг А.* Интуиционизм.-М.:Мир,1965.-200 с.
38. *Герасимов Б.М.* и др. Человеко-машинная система принятия решений с элементами искусственного интеллекта.-К.:Наука,1993.-183 с.
39. *Гильберт Д.* Основания геометрии.-М.:ОГИЗ,1948.-491 с.
40. *Гильберт Д., Бернайс П.* Основания математики, тт.1-2.-М.:Наука,1982
41. *Гладкий А.В.* Формальные грамматики и язык.-М.:Наука,1973.-368 с.
42. *Губинский А.И.* Надежность и качество функционирования эргатических систем.-Л.: Наука, 1982.-269 с.
43. *Гуков В.И.* и др. Техническая эстетика и стандартизация.-М.: Изд. Стандартов,1968.- 89 с.
44. *Гусаков А.А.* Организационно-технологическая надежность строительного производства. – М.: СИ, 1974. - 254 с.



45. *Девинс Д.* Энергия. Пер. с англ. / Под ред. Д.Б. Вольфберга. — М. : Энергоатомиздат, 1985. — 360 с.
46. *Денисенко Г.И.* Возобновляемые источники энергии. — К., 1980. — 32 с.
47. *Денисов В.Г., Онищенко В.Ф., Скрипеч А.В.* Авиационная инженерная психология. М.:Машиностроение,1977.-240 с.
48. *Диргелайте Б.* Методика по проведению анализа для определения экономической эффективности эстетических решений производственной среды.-Вильнюс,1969.-28 с.
49. *Дитер Зайфрид.* Энергия: веские аргументы. Информационное агентство «Эхо востока». — К., 1994.
50. *Доброленский Ю.П., Пономаренко В.А.* Образ полета // Авиация и космонавтика, 1976.-№ 4.-С.18-19
51. *Евдокимов Н.И., Мацкевич А.Ф.* и др. Технология монолитного бетона и железобетона. - М.: Высшая школа, 1980. - 325 с.
52. *Завадскас Э.К.* Многоцелевая селектования технологических решений строительного производства. Дисс. д-ра техн. наук.–Вильнюс,1986.- 433 с.
53. *Завлин П.Н., Васильев А.В.* Оценка эффективности инноваций. – Санкт-Петербург: Бизнес–пресса, 1998. - 216 с.
54. *Заде Л.А., Дезоер И.А.* Теория линейных систем. Метод пространства состояний.-М.: Наука,1970.- 703 с.
55. *Зайцев В.С.* Системный анализ операторской деятельности.-М.,1990-119 с.
56. *Зарич Э.* Энергетические ресурсы мира // Курьер ЮНЕСКО. — 1982. — № 8. — С. 12—24.
57. *Дмитрович А.Д.* Тепло- и массообмен при твердении бетона в паровой среде. – М.: Стройиздат, 1967. – 243 с.
58. *Зидермане А.А.* Некоторые вопросы хронобиологии и хрономедицины: обзор литературы.-Р.:Зинатне,1988.-214 с.
59. *Завалова И.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А.* Образ в системе психической регуляции деятельности.-М.: Наука,1986.-174 с.
60. *Ивахненко А.Г.* Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. - К.:Техника,1975.-311 с.
61. *Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде: Методические рекомендации.*-М.:Экономика,1990.-109 с.
62. *Кербер Л.Л.* Компоновка оборудования на самолетах.-М.:Машиностроение, 1972.-304 с.
63. *Кини Р.Л., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения.-М.:Радио и связь,1981.-560 с.
64. *Киришева Н.В., Рябчикова Н.В.* Психология личности: тесты, опросники, модели.-М.:Геликон,1995.-236 с.
65. *Клини С.* Введение в метаматематику.-М.:Изд. Ин. лит,1957.-527 с.
66. *Клини С.* Математическая логика.- М.:Наука,1973.-340 с.
67. *Клини С., Весли Р.* Основания интуиционистской математики.-М.:Наука, 1978.-272 с.

68. *Ковалев Ю.Н.* Геометрическое моделирование эргатических систем: разработка аппарата. К.:КМУГА, 1996.-134 с.
69. *Ковалев Ю.Н.* Эргономическая оптимизация управления на основе моделей С- пространства.-К.:КМУГА,1997.-152 с.
70. *Ковальов Ю.М., Седлецька Н.І.* Символи: гносеологічні аспекти //Технічна естетика та дизайн.-К.:Віпол,2002.-Вип.2
71. *Ковальов Ю.М.* Людина – житло – середовище: розрахунок параметрів комфорту та управління ними //Прикл. геом. та інж. граф., 2003.-Вип.73.-С.57-65
72. *Ковальов Ю.М., Зубащенко Г.П., Шевель Л.В.* Геометричне представлення результатів тестування//Водний транспорт. Спец. випуск 5, 2004 с. 9-14
73. *Ковалко М.П., Денисюк С.П.* Энергозбереження — пріоритетний напрямок державної політики України. — К., 1998. — 511 с.
74. *Коробко В.И.* Золотая пропорция и проблемы гармонии систем.-М.:Изд. Ассое. строит. вузов стран СНГ,1997.-373 с.
75. *Крассовский А.А.* Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование.-М.:Наука,1973.-560 с.
76. *Крассовский А.А.* Основы теории авиационных тренажеров. - М., 1995.-303 с.
77. *Крылов А.А.* Человек в автоматизированных системах управления. -Л.: Изд. ЛГУ,1972.-192 с.
78. *Крылов А.А.* Практикум по экспериментальной и прикладной психологии.-Л.:Изд. ЛГУ,1990.-272 с.
79. *Крылов В.Ю.* Геометрическое представление данных в психологических исследованиях.-М.:Наука,1991.-118 с.
80. *Крылов В.Ю., Артюхин Ю.П., Жуков В.М.,Крылова И.А.* Исследование деятельности оператора по переработке видеoinформации в условиях дефицита времени //Исслед. и моделир. деятельности человека-оператора.-М., 1981.-С.105-108
81. *Кудря С.О., Мхитарян Н.М.* Використання відновлюваних джерел енергії в Україні і світі // Технічна термодинаміка. — 2000. — Ч. 2. — С. 60—63.
82. *Лазарев Б.Н.* Дизайн машин.-Л.:Машиностроение,1988.-256 с.
83. *Ле Карбюзе.* Модульор.-М.:Стройиздат,1967.-239 с.
84. *Литвин И.И., Ломов Б.Ф., Соловейчик И.Е.* Основы построения аппаратуры отображения в автоматизированных системах.-М.:Сов. радио,1975.-350 с.
85. *Ломов Б.Ф.* Системность как принцип математического моделирования в психологии //Вопросы кибернетики,1979.-Вып.50.-С.3-18
86. *Лосский Н.О.* Интуитивизм.-М.:Прогресс,1992.-208 с.
87. *Лурия А.Р.* Ощущения и восприятия.-М.:Изд.МГУ,1985
88. *Маркус С.* Теоретико-множественные модели языков.-М.: Наука,1970.-332 с.
89. *Математическая энциклопедия*, тт.1-5.-М.:Сов. энциклопедия,1977-85

90. Мельчук И.А. Уровни представления высказываний и общее строение модели «смысл-текст». Словообразование и конверсия //Проблемная группа по эксперимент. и прикл. лингвистике.-М.,1972.-Вып.30.-45 с.
91. Месарович М., Мано Д., Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем.- М.:Мир,1973.-344 с.
92. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы.-М.:Мир,1978.-312 с.
93. Методические основы проведения эргономической оценки промышленных образцов.-М.:НИИГПЭ,1992
94. Методы управления системной эффективностью функционирования электрифицированных и пилотажно- авиационных комплексов. Авионика-95. 3-я междунар. научно-техн. конф. Тезисы.-К.: КМУГА,1995
95. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. - М.: Стройиздат, 1975. - 700 с.
96. Мхитарян Н.М. Основы гелиотермообработки железобетонных конструкций (на арм. яз.) — ВИПОЛ, 1996. — 196 с.
97. Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В., Гусев Б. и др. Эффективные энергосберегающие ограждающие конструкции жилых зданий //Перспективные задачи инженерной науки. Сб. научных трудов, 2003.-Вип 5
98. Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В. Система управления качеством в строительстве //Строительные материалы и изделия, 2003.-№ 7
99. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников:опыт и перспективы.-К.:Наукова думка,1996.-320 с.
100. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве.-К.:Наукова думка,2000.-420 с.
101. Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В. Основы технологии монолитного каркасного высотного жилищного строительства.-К.:Наукова думка,2001.-402 с.
102. Мхитарян Н.М. Гелиоэнергетика: системы, технологии, применение.- К.:Наукова думка,2002.-320 с.
103. Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В., Малацидзе Э.Г. Некоторые проблемы и направления развития жилищно-гражданского строительства в современных экономических условиях //Строительные материалы и изделия,2002.- №5
104. Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В., Малацидзе Э.Г. Ячеистый бетон сегодня — это тепло и комфорт в наших домах //Вісник ПДАБтаА,2003.-№8
105. Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В., Гусев Б. и др. Эффективные энергосберегающие ограждающие конструкции жилых зданий //перспективные задачи инженерной науки,2003.-Вып. 5
106. Нейман Д. Фон, Моргентштейн О. Теория игр и экономическое поведение. - М.: Наука, 1970. – 707 с.
107. Коробко В.И. Золотая пропорция и проблемы гармонии систем М.:Изд. Ассоц. строит. вузов стран СНГ,1997.-373 с.
108. Новиков П.П. Принятие решений человеком в авиационных системах управления.- М.:Возд. транспорт,1980.-342 с.

109. *Нетрадиционные источники энергии в СНГ: нынешнее положение и перспективы // ООН, Экономический и Социальный Совет: Комитет по энергетике. — 1995.*
110. *Основы инженерной психологии.*-М.:Высшая школа,1984.-448 с.
111. *Павлов В.В., Воронин А.Н., Голего В.Н., Мелешов А.М., Яковлев О.С. Технические эргатические системы.*-К.:Вища школа,1977.-344 с.
112. *Павлов В.В. Анализ стратегий в человеко-машинных системах.*-К.: Вища школа,1989.-161 с
113. *Плотников Ю.А., Тюрин П.Т. Основы практической колористики.*- Р.: МИПСКСНХ, 1978.-135 с.
114. *Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках.*-М.:Наука,1985.-327 с.
115. *Применение функциональной музыки на предприятиях. Метод. рек.*- Пермь,1973.-68 с.
116. *Програма державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики. — К., 1997.*
117. *Олейник П.П. Организация строительства: Концептуальные основы, модели и методы, информационно-инженерные системы – М.:Профиздат, 2001.-408 с.*
118. *Рекомендации по цветовому решению интерьеров производственных помещений промышленных зданий /ГОССТРОЙ СССР.*-М.,1966.-13 с.
119. *Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики, перцептрон и теория механизмов.*-М.Мир, 1965.-480 с.
120. *Россбах С. Фэн-шуй:искусство композиции.*-Л.:Инициатива,1996.-187 с.
121. *Рубахин В.Ф. Психологические основы переработки первичной информации.*-Л.:Наука,1974.-296 с.
122. *Скалкин Ф.В., Канаев Н.Н. Энергетика и окружающая среда. — Л. : Энергоиздат, 1982. — 373 с.*
123. *Сомов Ю.С. Композиция в технике.*-М.:Машиностроение,1988.-288 с.
124. *Сороко Э.М. Структурная гармония систем.*-М.: Наука, 1984.-264 с.
125. *Стахов А.П. Коды золотой пропорции.*-М.:Радио и связь,1984.-152 с.
126. *Такеути Г. Теория доказательств.*-М.:Мир, 1978.-418 с.
127. *Торкатиюк В.И. Организационно-технологические решения в многоэтажном каркасном строительстве.*- Харьков: Вища школа,1986.-158 с.
128. *Украина: эффективность малой энергетики. — Изд. энергетического Центра ЕС в Киеве — 1996. — 280 с.*
129. *Урманцев Ю.А. Эволюционика или общая теория развития систем природы, общества и мышления.*-Пушино:И-т физиологии растений АН СССР, 1988.-78 с.
130. *Ушацкий С.А. Информационные основы управления строительным производством. - Киев: Будівельник, 1977. - 168 с.*
131. *Фоков Р.И. Выбор оптимальной организации и технологии возведения зданий*

132. Фу К. Структурные методы в распознавании образов.-М.:Мир,1977.-320 с.
133. Хакен Г. Синергетика: иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах.-М.:Мир,1985.-419 с.
134. Хюттль А. Энергия и окружающая среда, 2002.-18с.
135. Цвет в производственной среде (Метод. указания).- М.,1967.-283 с.
136. Циркуляр ИКАО №234-AN/142 Человеческий фактор. Эксплуатационные последствия автоматизации в оборудованных передовой техникой кабинах экипажа.-Монреаль,1992.-Сб.№5.-53 с.
137. Циркуляр ИКАО №238-AN/143. Человеческий фактор. Эргономика.- Монреаль, 1992.-Сб.№6.-46 с.
138. Чачко А.Г. Человек за пультом: Очерки антропотехники.-М.:Сов. Россия, 1974.-350с.
139. Человеческий фактор, тт.1-6.-М.:Мир,1991-92
140. Шатиоров С. России нужна новая энергетическая стратегия //Евразия, 2002.-ноябрь-декабрь.-с.50-56
141. Шевченко В.І., Півень Л.З. Энергетика України: який шлях обрати, щоб вижити? — Київ, «Просвіта». 1999. — 185 с.
142. Шибанов Г.П. Количественные оценки деятельности человека в системах человек- техника.-М.:Машиностроение,1983.-263 с.
143. Штоер Р. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления и применение. -М.:Радио и связь,1992.-504 с.
144. Энергетика мира. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 376 с.
145. Яковлев М.І. До питання художнього конструювання та естетичного коригування зовнішнього вигляду лицьових панелей побутової радіоапаратури // Прикл. геом. і інж. графіка.-К.:КДТУБА,1996.-Вип.61.- С.123-127
146. Bailey, R.W. Human Performance Engineering: A Guide for System Desiners.- Prentice-Hall:Engleword Cliffs,N.J.,1982
147. Cassirer E. Symbol, myth and culture.- New Haven;London:Yale Univ.Press, 1979.-304 p.
148. Douglas Peden Wave Space Art and Geometry //The 7-th Intern. Com.Graph and Descr. Geom., Crakow, Poland,1996, pp. 52-56
149. Electrical concrete heating.- Prospekt.- Kemppey Ou.- Finland tahti.- 1974.
150. Energy in Europe. 1993 — Annual energy review. European commission. Specialissue. — 1994. — P. 26, 47.
151. Gannet, J.R. «The Pilot and the Flight Management System».Behavioral Objectives in Aviation Automated Systems Symposium (pp.93-96) Society of Automotive Engineers, Warrendal, PA,1982
152. Grzdelski, J. Energetyczno-geometryczny kod przyrody. - Warszawa: Warsz. Centrum stud. ruchu naukowego,1986.-160 p.
153. Hawkins, Frank H. Human Factors in Flight. Gower Technical Press,1980
154. Improved components for advanced alkaline water electrolysis // Int.J.Hydrogen Energy. — 1988. — 13, N 3. — P. 141—150.

155. *Kerzner H.* Project Management: System Approach to Planning, Scheduling and Controlling. -N.Y., 1995
156. *McCormic, E.J. and Sonders, M.S* Human Factors in Engineering and Design. McGraw Hill:N.J.,1976
157. *N. Mhitaryan, G. Badeyan, Y. Kovalyov, V. Plosky, V. Gusakov, N. Sedletsckaya.* The theory of S-space selforganization in the problems of the technological systems optimization. //The 10<sup>th</sup> intern. Conf. On Geometry and graphics. Proceedings.- K.,2002
158. *Nadine B.* Sarter Human Errors are Symptoms of a Mismatch between Pilots, Machins and Operating Environment //ICAO Jornal, vol. 51, № 8, October 1996 pp. 9-10
159. *Nenman – Venevere P.-* Beschleunigte Erhartung VON Frischbeton auf den Benstellen min Rotax – Heizelementen.- Baumaschine – Bautechnir. - № 5, 1971.
160. *Renewable energy world.* — 1999. — **2**, N 3. — 144 p.
161. *Rounds W.C.,* Mappings and Grammars in Trees, J. Math. System Theory, 4, pp. 257-287 (1970)
162. *Wesley Harris, Frank J. Colson, George L. Donohou* National Plan for Civil Aviation Human Factors: An Initiative for Research and Application, March 1995. -36 p.
163. *Wiener, E.L. and Nagel O.C.* Human Factors in Flight in Aviation. Academic Press:San Diego, 1988

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭРГАТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	7
1.1. Геометрическое моделирование в задачах совершенствования эргатических систем.....	7
1.2. Приоритетные задачи моделирования и оптимизации ЭС и ТС.....	11
1.3. Монолитное строительство: развитие технологических систем.....	21
1.4. Современная технология монолитного жилищного строительства.....	31
1.5. Технологическое проектирование.....	34
1.6. Проблемы моделирования технологических систем в строительстве.....	37
1.7. Проблемы оптимизации технологических систем в строительстве.....	40
Глава 2. ПОСТРОЕНИЕ АКСИОМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ С- ПРОСТРАНСТВА.....	52
2.1. Аппарат.....	52
2.2. Средства описания.....	56
2.3. Аксиоматика С- пространства.....	65
2.4. Метод интуитивного конструирования.....	83
Глава 3. САМООРГАНИЗАЦИЯ С- ПРОСТРАНСТВА.....	96
3.1. Образование С- множеств и С- элементов.....	96
3.2. Состояния элементов.....	104
3.3. Операции.....	109
3.4. Измерения в С- пространстве.....	120
Глава 4. С-ОТОБРАЖЕНИЯ И ОБЪЕКТНЫЕ МОДЕЛИ....	126
4.1. Инварианты и классификация объектных моделей.....	126
4.2. Тернарные связки.....	129
4.3. Внешние расщепления. Построение графических объектных моделей.....	135
4.4. Внутренние расщепления.....	140
4.5. Г-операторы.....	143
Глава 5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭС И ТС НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ САМООРГАНИЗАЦИИ С- ПРОСТРАНСТВА.....	151

5.1. Обеспечение совместимости компонентов ЭС.....	152
5.2. Оптимизация компоновки ЭС.....	158
5.3 Модель технологической системы монолитного строительства.....	172
5.4. Совершенствование процессов ТС МС.....	191
5.5. Оптимизация материально-технических и трудовых ресурсов и обеспечение качества работ.....	211
5.6. Производство монолитных железобетонных работ в различных климатических условиях.....	224
5.7. Автоматизация расчета парка опалубки.....	241
<b>Глава 6. ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ.....</b>	<b>253</b>
6.1. Модель взаимодействий «человек - среда».....	253
6.2. Моделирование организации системы восприятия.....	261
6.3. Последовательность и координация распознавания и принятия решений.....	276
6.4. Графическое представление и оптимизация действий управления.....	287
6.5. Особенности совершенствования управления для ТС МС.....	296
6.6. Архитектура автоматизированной системы управления технологией производства.....	307
<b>Глава 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭС И ТС.....</b>	<b>316</b>
7.1. Проектирование как формирования объектной модели ЭС .....	316
7.2. Совершенствование поиска и предварительного отбора вариантов.....	324
7.3. Многокритериальная оптимизация ИСОИ.....	329
7.4. Оценка эргономичности.....	341
7.5. Выбор стратегии оптимизации технологической системы монолитного строительства.....	349
7.6. Оценка системы .....	357
<b>Глава 8. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОТБОРА, КОНТРОЛЯ И ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ИСОИ.....</b>	<b>364</b>
8.1. Геометрическое обеспечение исследований операторов.....	364
8.2. Оценка трудоспособности оператора.....	377
8.3. Моделирование подготовки операторов.....	395
<b>Глава 9. ЭНЕРГЕТИКА: РЕСУРСЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....</b>	<b>402</b>
9.1. Глобальный характер современной энергетики...	404



9.2. Энергоресурсы.....	409
9.3. Потребление энергоресурсов.....	415
9.4. Энергетика Украины как часть мировой энергетики.....	422
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	 435
 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	 438
 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	 446

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

А, П	Модальности существования: актуального, потенциального
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологией производства
Вм	Волновая модель
Г- оператор	Граничный оператор
ДГМ	Дискретная граничная модель
{ДИКС}	Все операции С- пространства (Д- дифракция, И- интерференция, К- коинциденция, С- суперпозиция)
ЕС	Эргатическая система
Св	Свертка
ИСВИ	Интуитивная система отображения информации
К- оператор	Конструктивный оператор
Кс	Координатная система
ЛПР	Лицо, принимающее решение
Л- оператор	Логический оператор
М	Естественный язык
М*	Рационалистические способы естественного языка
М <sub>ф</sub>	Формальный язык
МЧС	Модель «человек - среда»
МРР	Модель распознавания и принятия решения
МВ	Модель восприятия
), \, ↓	Модальности состояния: возбуждения, угасания, исчезновения
МУ	Модель управления
Н	Наблюдение
НВИЭ	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии
НГМ	Непрерывная граничная модель
О	Объект
ОМ	Объектная модель
ОУ	Органы управления
ПОС	Проект организации строительства
ППР	Проект производства работ
⊥	Перпендикулярность С- элементов
π	Потенциал
r <sub>a</sub> , r <sub>п</sub>	Актуальная и потенциальная размерности С- пространства
Р	Расслоение
	Параллельность С- элементов
Рз	Результат измерения
вР, Рв	Расщепление: внешнее, внутреннее
С	Субъект

□	С- множество
∪, •	С- элементы: волна, солитон
Сп, °	С- пространство
ТС	Тернарная связка
ТС МС	Технологическая система монолитного строительства
У	Универсум