

Ю. Н. Ковалев

**Эргономическая оптимизация управления
на основе моделей С- пространства**

Киев 1997

ББК Ж
К

УДК 515.2, 629.735

Ю.Н. Ковалев *Эргономическая оптимизация управления на основе моделей С-пространства.*-К.:КМУГА,1997.-152 с.

На основе аппарата С- множеств и С- отображений построены модели взаимодействий оператора, оборудования и среды, а также процессов интуитивного восприятия, распознавания и принятия решения. Обоснованы рекомендации по проектированию систем отображения информации, а также улучшению отбора и контроля операторов и управлению их психофизиологическим состоянием. Описаны решения задач, возникающих в процессе проектирования производственной среды и оптимизации деятельности оператора. Для специалистов в областях прикладной геометрии и эргономики.

Рис. 61, табл. 14, список лит. 131 назв.

Рецензенты: д.т.н., проф. Ванин В.В., д.т.н., проф. Сазонов К.А.

Печатается по решению Ученого совета архитектурного факультета Киевского государственного технического университета строительства и архитектуры.

Введение

Настоящая работа описывает эргономические приложения разработанного в [58] аппарата. Ее цель — содействовать устранению, или, по крайней мере, смягчению присущих современным эргатическим системам (ЭС) недостатков (утрата знания обстановки оператором; непонимание работы автоматизированных систем управления, излишнее доверие, или, напротив, страх перед ними; утрата профессиональных навыков; изменение мотиваций; изменение функций внутри экипажа или смены; уязвимость в отношении грубых и систематических ошибок; увеличение рабочей нагрузки в экстремальных ситуациях; необходимость серьезного изменения методов отбора и обучения и т.д. [113]).

Приведенный перечень (в который следует включить негативные экологические и психофизиологические последствия эксплуатации), подсказывает, что причины недостатков кроются в антропометрической, информационной, эстетической и т.д. несовместимости компонентов системы друг с другом и с внешней средой. Они являются следствием необеспеченности саморегуляции системы «оператор — оборудование — среда», т.е. *отсутствия целостности*, и обусловлены несовершенством методик проектирования оборудования и подготовки операторов. Поэтому под *эргономической оптимизацией* следует понимать *комплекс мероприятий, направленных на обеспечение целостности системы «оператор — оборудование — среда», проводимых как в ходе проектирования и эксплуатации ЭС, так и отбора и подготовки операторов*. Основное внимание будет уделено совершенствованию взаимодействия оператора и оборудования; оптимизация взаимодействий со средой сведется лишь к улучшению влияния производственной среды на состояние оператора. Разработка мероприятий требует построения общих (например, системы «оператор — оборудование») и частных (процессов восприятия зрительной информации и др.) моделей, описывающих различные стороны проектирования, эксплуатации систем и подготовки оператора с общих методологических позиций в рамках системного подхода [14, 86, 87, 110, 114, 117]. Модели должны обладать свойствами *целостности, открытости, самоорганизации; средствами описания качественно неоднородных и изменяемых компонентов и процессов; возможностями предсказания хода самоорганизации систем различной природы*.

Как показано в [58, с.3-13], их обеспечение в рамках существующих математических моделей оказывается затруднительным, а иногда и вовсе невозможным, поскольку они не соответствуют аксиоматическим основам моделей. Поэтому целесообразно использовать волновые модели (и другие элементы аппарата описанного в [58] аппарата — теории С- множеств, С- операций и С- отображений, — в аксиоматику которых эти свойства заложены изначально. В дальнейшем прогнозы, сделанные на основании именно волновых моделей, кладутся в основу предлагаемых рекомендаций и технических решений.

Математический подход не всегда удобен для специалистов-практиков. Поэтому работа с моделями осуществляется в следующем порядке: вначале

анализируются нерешенные проблемы и показывается их адекватность свойствам аппарата, затем строится модель и показывается ее соответствие имеющимся данным и нормативам, а также возможности по разрешению проблем. После этого обосновываются рекомендации и даются примеры решения задач, возникающих в процессе проектирования оборудования и контроля оператора.

Для дальнейшего упрощения изложения, волновые модели рассматриваются не непосредственно, а в виде т.н. *объектных моделей*, представляющих их графические изображения в виде *S-графов* и *РС-диаграмм*, построенные с точностью до оговариваемых инвариантов.

Отметим также следующее обстоятельство. К настоящему времени эргономические исследования привели к многочисленным полезным результатам и тонкому пониманию нерешенных проблем. Для их адекватного изложения необходим объем, значительно превышающий размеры монографии¹. В то же время, для достижения поставленных целей необходимо именно комплексное исследование. Это противоречие разрешается за счет «специализации» моделей, предусматривающей учет только взаимодействия факторов (состав, последовательность, относительное значение и т.п.), а не исследование их природы, и «точечного» выбора рассматриваемых вопросов, производимого в начале каждого раздела или даже параграфа. Там же дается и анализ источников.

Изложенные соображения определяют следующий перечень задач исследования и структуру работы:

- *формализация условий целостности, переход от волновых моделей к объектным, моделирование самоорганизации в зависимости от воздействия внешних факторов — рекомендации по компоновке систем отображения информации* (глава 1);
- *моделирование структур и обменов в системе «оператор — оборудование — среда», построение на этой основе частных моделей операторской деятельности (восприятия, распознавания и принятия решения, действий управления) — правила подбора средств управления состоянием оператора и улучшения информационного обмена* (глава 2);
- *оптимизация поиска вариантов организации и компоновки систем отображения информации и управления с целью повышения степени их совместимости и безопасности, исходя из условий целостности и системы и оптимизации операторской деятельности, — рекомендации по совершенствованию и автоматизации проектирования и оценки ЭС* (глава 3);
- *совершенствование отбора, подготовки и контроля состояния оператора — обоснование программы спецподготовки оператора ЭС* (глава 4);
- *итоговая оценка (заключение).*

¹ Для сравнения: суммарный объем [117] — своеобразной эргономической энциклопедии в 6-ти томах — составляет порядка 3000 страниц.

1. Целостность и организация

Итак, именно условия целостности определяют критерии оптимальности и состав соответствующих мероприятий. Каким же образом формализуется это качество? Рассмотрим некоторые из современных подходов:

- Система целостна, если изменения определяющих ее параметров описываются согласованной системой дифференциальных уравнений [86, 110]. Здесь акцент делается на поведении системы.
- Система целостна, если ее структуры и состояния связаны определенными геометрическими отношениями и преобразованиями [14, 88, 106]. Здесь целостность определяется через организованность.
- Система целостна, если ее составные части образуются в процессе членения первично единой сущности в процессе эволюции [122]. Здесь решающее значение придается направленности самоорганизации — «сверху вниз», а не «снизу вверх».

Таким образом, каждый из них основан на формализации какого-либо одного проявления целостности, но не ключевой идеи основоположника системного подхода Берталанфи о несводимости свойств открытой системы к свойствам ее частей (неаддитивность). Однако именно эта идея является одной из основных при аксиоматическом определении S -пространства, обуславливая его отличия от точечных или векторных пространств. Поэтому целесообразно начать изложение с краткой сводки результатов [58], на которые придется ссылаться чаще всего. Затем необходимо:

- определить степень реалистичности волновых и объектных моделей S -пространства, что определит возможности и границы их применимости для решения задач работы;
- вывести условия интеграции и целостности, как основы стратегий оптимизации;
- построить типовые сценарии самоорганизации S -пространства, как основы эргономически оптимальной системы отображения информации и управления, и обосновать необходимые рекомендации.

Последнее положение определяет некоторые отличия в постановке и решении оптимизационной задачи по сравнению со ставшими классическими методами прикладной геометрии [16, 45, 47, 81, 79, 85, 109]: в обоих случаях лучшие решения соответствуют экстремумам целевых функций, однако наличие сценария самоорганизации позволяет определить функции как выражения отличий от него рассматриваемых вариантов, т.е. значительно проще и с естественным вычислением весовых коэффициентов. Другим отличием является возможность учета большего числа разнокачественных параметров. Решения оптимизационных задач подробно рассматриваются в 3-ей главе, см. также задачи 1. 3.-1. 5. При этом должно быть всесторонне обосновано положение о соответствии сценария самоорганизации оптимально организованным целостным системам. В [58] оно выводится теоретически; здесь же (1. 4., 2. 1- 2. 3.) приводятся примеры организации различных природных и биологических систем в соответствии с предсказываемыми особенностями; их формирование и

выживание в ходе длительной эволюции служит подтверждением оптимальной организованности.

1. 1. Волновая модель С- пространства

Ниже приводятся только определения, результаты и немногие поясняющие рисунки; обоснования и примеры даны в [58] на указанных страницах.

Концепция С- пространства [58, с.14-41]. Назовем всеобщее целое *универсумом* ($У$). 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. 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 существенно обособленный компонент — *граничное С- пространство* ($Сп, \vartheta$) — в триаде $С-Сп-О$, обладающее свойствами *целостности и открытости*. Т.к. после распада $У$ имеются только $С, О$ и $Сп$, $Сп$ является еще и аппаратом $С \leftrightarrow О$ отображения — *тернарной связки* ($ТС$), т.е. обладает *двойственностью*.

Поскольку любое изменение $Сп$ обусловлено согласованным действием внешних факторов, $С$ и $О$ разрешают или запрещают изменения. Возможность осуществления изменений обусловлена их отсутствием в уже имеющейся структуре $Сп$, т.е. зависит от структуры и состояния $Сп$ в целом (*взаимозависимость*). Это возможно при наличии для множеств и элементов $Сп$ (*С- множества, \square ; С- элементы*) качеств *изменчивости и протяженности*, причем вводятся относительно более изменчивые *волны* (\cup) и более стабильные *солитоны* (\bullet). Операциям (*С- операциям*) присущи *небинарность и неаддитивность*.

Будем называть **С- отображениями**: *внутренние расщепления* ($вР$) (соответствия $С \leftrightarrow Сп$), *внешние расщепления* ($Рв$) ($О \leftrightarrow Сп$), *граничные операторы* (Γ -операторы) ($Сп \leftrightarrow Сп$).

Группы аксиом [58, с.54-66] волновой модели.

Аксиомы существования (1. 1.-1. 5.) кодифицируют соотношения модальностей существования (**А, П**) пространства, множеств и элементов, а также правила их взаимного перехода в зависимости от распада $У$ и взаимодействия $С$ и $О$, т.е. «сверху вниз». Они обладают наивысшим приоритетом.

Аксиома состояния (2. 1.) 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. Приоритет аксиомы ниже, чем аксиом первой группы, и выше, чем у последующих.

Аксиомы взаимодействия (3. 1.-3. 9.) характеризуют условия взаимодействия структур $Сп$ и существование или несуществование обратных операций; они применяются только совместно с аксиомами существования и состояния.

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

Операции являются абстракциями различных видов взаимодействий физических волн (*суперпозиции С, коинциденции К, интерференции И, дифракции Д*); они элементарны и неразложимы на более простые.

Аксиомы измерения (4. 1.-4. 2.) устанавливают процедуры взаимодействия с координатной системой (K_c) для волн и солитонов. Процесс измерения характеризуется: *несоизмеримостью характеристик на разных уровнях организации; изменением состояния K_c и измеряемого элемента; разными (но подобными) результатами повторных измерений в одной и той же координатной системе; разными результатами измерения элемента в разных K_c .*

Модель, удовлетворяющая аксиомам 1. 1.-4. 2., и называется *волновой моделью (Вм) С-пространства*.

Теория С- множеств [58, с.67-78]. Факторами, ограничивающими способы образования С- множеств (*расслоения*), являются: *симметрия С и О относительно S_p и целостность У* (рис. 1. 1). Это приводит, с учетом волновой природы S_p , к его *кососимметричности* (различают субъектную и объектную половины S_p) и необходимости *гармонического отношения однородных характеристик элементов и множеств текущей стадии расслоения к таким же характеристикам предыдущей стадии*. Коэффициентом отношения будет характеристика «золотого сечения»:

$$\Phi = \frac{\sqrt{5} - 1}{2} \quad (1.1)$$

Приведем основные предсказания и расчетные формулы.

1. Количество элементов n в зависимости от стадии расслоения m :

$$n \approx \frac{1}{\sqrt{5}} ((\Phi + 1)^m - (-\Phi - 1)^{-m}), \quad (1.2)$$

т.е. выражается числами Фибоначчи (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21,...).

2. В ходе расслоения изменяется тип и состояния элементов, а именно $\cup \rightarrow \bullet \rightarrow \square \rightarrow \cup$; воздействия С и О являются его обязательными условиями.

3. При расслоении С- множества с потенциалом π каждому элементу передается потенциал π_n^2 :

$$\pi_n = \frac{\pi\Phi}{n}, \quad (1.3)$$

где n - индекс текущего слоя.

² Под *потенциалом* (π) С- пространства понимается характеристика способности к взаимодействиям и изменениям, “захваченная” доля У. Потенциал является интуитивной, формально неопределимой характеристикой, как, например, энергия, масса, заряд, и выражается для каждого элемента в условных единицах по отношению к потенциалу S_p .

Таким образом, потенциал S_p (С- множеств) не равен сумме потенциалов составляющих его элементов (неаддитивность). Отсюда следует, что *связанные с потенциалом характеристики какого-либо слоя разнообъемны характеристикам последующих слоев т. е. отличаются качественно. Наоборот, для характеристики последующих слоев могут использоваться характеристики текущего слоя.* Поэтому шенноновская оценка количества информации, кодированной с использованием С- элементов, должна проводиться для каждого слоя отдельно (свойство 3. 8 и его следствие [58]).

4. Длина l_k волны текущего слоя по отношению к длине волны предыдущего слоя определяется по формуле

$$l_k = \frac{l_{k-1}}{2n}, \quad (1.4)$$

где k - номер текущего слоя (если слои включают только волны, знаменатель равен n).

5. Свяжем потенциал π волны с длиной l и амплитудой A :

$$\pi = f(l/2, A), \quad (1.5)$$

где f - функция пропорциональности, определяемая экспериментально.

Оценкой потенциала волны является величина потенциала ее половины; не производится суммирование потенциалов ее половин. Отсутствие жесткой привязки π , l , A позволяет определять соответственные элементы только исходя из отношений симметрии внутри S_p , без ограничений по A и l .

6. В качестве единицы измерения времени t удобно принять время, равное периоду волны. Тогда каждый слой имеет свою t , и t_k текущего слоя относится к единице измерения предшествующего слоя, как:

$$\frac{t_k}{t_{k-1}} = \frac{l_k}{l_{k-1}}, \quad (1.6)$$

где k - номер слоя, а l_k и l_{k-1} связаны по формуле (1.4).

Возможны такие сценарии расслоения, для которых время существования каждого слоя, выраженное в относительных единицах, одинаково:

$$\forall k, \frac{T_k}{t_k} = const, \quad (1.7)$$

где T_k - время существования k - ого слоя.

Существует временная ограниченность расслоения, обусловленная конечностью времени существования первой волны S_p — процессы расслоения и *свертки* (процесс обратного перехода структур S_p от состояния актуального существования к потенциальному) имеют суммарную продолжительность,

равную времени существования первой волны $С_1$. Отсюда следует, что время существования $С_n$ ограничено (и эволюция $С_n$ эквивиальна); процесс расслоения возможен тогда и только тогда, когда:

$$\forall k, T_k < T_{k-1}, \quad (1.8)$$

наконец, если время свертки равно времени расслоения, T_{0k} — время, оставшееся до окончания процесса расслоения k -го слоя, равно:

$$T_{0k} = \frac{T_1}{2} - \sum_{j=2}^{k-1} T_j \quad (1.9)$$

Таким образом, время для $С$ - пространства характеризуется:

- 1) «стрелой времени», выражающей необратимость эволюции;
- 2) расслоением.

7. Расслоение происходит по сценариям с образованием только параллельных или перпендикулярных, либо и тех и других элементов. Количество групп симметрии и порядок симметрии каждого слоя определяются согласно предложений 3. 5.-3. 7. [58]. Существует связь между законами сохранения и группами симметрии, аналогичная теореме Нетер (предложение 3. 8 [58]).

8. Условия, необходимые для реализации каждой из операций, а также их частные случаи, описаны в [58, с.81-85].

9. Список измеряемых характеристик и процедура выбора координатной системы для структур $С_n$ приведена в [58, с.87-90]. Отметим зависимость значимости измеряемых характеристик от потенциала слоя, что будет использовано при определении веса эстетических показателей, а также их детализации.

10. Помимо рассмотренного сценария ($С$, $С_n$, $О$) возможны и иные, где $С_n$ формируется под воздействием нескольких $О$ или $С$, полезные при моделировании работы коллектива операторов с несколькими системами [58, с.86-87].

1. 2. Адекватность волновых и объектных моделей

Адекватность волновых моделей. Покажем, что $В_m$ соответствуют качествам ЭС, позволяют описывать обменные процессы и измерения.

1. В соответствии с аксиомами 1-ой группы [55, 58], $С_n$ является:

- пространством, проявляющемся в результате взаимодействия $С$ и $О$ в $У$ (открытость);
- пространством, обладающим структурой — $С$ - множествами и $С$ - элементами, — причем эта структура формируется постепенно в результате воздействий $С$ и $О$ (самоорганизация).

Согласно аксиомам 2-ой и 3-ей групп, [55, 58] $С$ - множества и $С$ - элементы характеризуются:

- состояниями возбуждения (\uparrow), угасания (\downarrow), исчезновения (\downarrow), изменяемыми в ходе взаимодействий; в свою очередь, результат взаи-

модей-ствий зависит от состояния участвующих элементов или множеств (изменяемость элементов и процессов);

- координацией состояний и взаимодействий для S - пространства в целом (целостность, самоорганизация).

Предложения 3. 1.- 3. 3. [58] устанавливает, что допустимыми являются только те расслоения и свертки S_p , которые сохраняют гармонические соотношения потенциалов слоев и определенные группы симметрии [20] (целостность); в разделе 3. 3. показывается, что сценарии расслоения-свертки обусловлены только внешними S - и O - факторами и инвариантны по отношению к конкретным реализациям (изоморфность) [58].

Свойства 3. 7. и 3. 8. обосновывают разнообъемность связанных с потенциалом характеристик для разных слоев S_p (неаддитивность), а предложения 3. 5.- 3. 8. — существование сценариев расслоения-свертки, приводящих к появлению перпендикулярных S - элементов (неоднородность разных слоев). Аксиома 1. 2. постулирует существование двух типов S - элементов — волн и солитонов (неоднородность внутри слоев). Свойство 3. 13. ограничивает время существования S_p (эквивифинальность) [58].

2. Взаимодействия, происходящие внутри ЭС, имеют корпускулярную или волновую природу и характеризуются энергетическими, информационными и прочими параметрами. Поскольку:

- элементы представляют собой абстракции корпускул (солитоны) или волн, их амплитудные, частотные, фазовые и другие характеристики [58, с.81-82] 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. 7.) допускают энергетическую, информационную и др. интерпретацию;
- частные случаи **С, К, И, Д** соответствуют линейным, нелинейным, бинарным, небинарным, аддитивным и неаддитивным взаимодействиям, то V_m позволяют выражать особенности реальных взаимодействий.

3. Посредством измерений определяются инвариантные и переменные характеристики систем. Правила измерений, имеющие перечисленные выше особенности, установленные аксиомами 4-ой группы и раскрытые в 3. 4. [58], позволяют производить выбор координатных систем и процедур измерения, а также представлять данные для тех реальных ситуаций, когда не выполнимы одна или все метрические аксиомы [66, с.37]. Подробнее такие ситуации рассмотрены в 4-ой главе.

Таким образом, *V_m S - пространства обладает всеми перечисленными во введении свойствами, необходимыми для моделирования ЭС.*

Итак, будем интерпретировать ЭС как *граничное S - пространство, формирующееся под воздействием S и O , такое, что S , S_p и O образуют тернарную связку (ТС), причем S_p является ее аппаратом [58]:*

$$(C, Cn, O) \rightarrow Y, \quad (1.10)$$

где воздействия С и О интерпретируются как взаимодействия системы с окружающей средой, а Y- как неравновесная среда, в которой функционирует ЭС.

Тогда *Вм Сп* представляет собой модель открытой системы, его множества, элементы, отношения и операции — модели компонентов и процессов, а сценарии эволюции — последовательность хода самоорганизации.

Переход от Вм Сп к объектной модели [58, с.98-124]. Поскольку Вм представляет собой скоординированную совокупность волн и солитонов, которую трудно представить и изобразить, целесообразным оказывается переход от Сп к многомерному евклидову пространству (E^n) и построение *объектных моделей (ОМ)* [58] его структур, т.е. обычных геометрических моделей. Естественно, при этом теряются некоторые свойства, т.е. переход возможен с лишь точностью до инвариантов, разных для разных ОМ.

В процессе расслоения одинаковыми часто оказываются *принадлежность и последовательность образования элементов, распределение π и t_0 , группы и порядки симметрии* и некоторые другие характеристики. Назовем их *калибровочными инвариантами* Расслоения, обладающие одинаковыми наборами инвариантов, будут отличаться по абсолютным значениям π и t_0 — *калибровкам*. Определения инвариантов и калибровок дано в [58, с.118-120].

Переход $Cn \rightarrow E^n$ осуществляется посредством отображения Рв, которое может быть реализовано, с точностью до калибровочных инвариантов, как последовательность топологических Т и проективных П преобразований, удовлетворяющих определенным условиям [58, с. 104-108]. Поскольку размерность n может быть достаточно большой, удобно провести отображение E^n на плоскость [32], построив его развертку Р. Окончательно имеем:

$$(T*P*P): Cn \rightarrow (C\text{- граф}, PC\text{- диаграмма}), \quad (1.11)$$

где С- граф (рис. 1. 2) и ориентированный С- граф — РС- диаграмма (рис. 1. 3)- ОМ, показывающие принадлежность компонентов и последовательность их образования.

Будем различать:

1. OM_I — статические модели, сохраняющие [58, с.104]:

- принадлежность и последовательность образования элементов, т.е. сценарии расслоения-свертки;
- количества элементов и операций;
- размерность;
- группы и порядки симметрии;
- распределение относительных величин π и t_0 .

К ОМ этого типа относятся С- графы и РС- диаграммы. С помощью условных обозначений они могут быть приспособлены для выражения дополнительных характеристик. Например, путем нормировки длин отрезков С- графов или площади их вершин, можно показать соотношения потенциалов С- элементов; дополнительных записей — размерность, характеристики групп и порядков симметрии слоев [58, с.104-108]; условной раскраски — соотношения их амплитуд или частот.

2. OM_2 — динамические модели, сохраняющие, кроме инвариантов OM_1 :
- однозначность соответствий векторов характеристик;
 - динамику изменения структур Sp [58, с.104-105].

К этому типу относятся различные аналоговые модели, позволяющие отслеживать изменение характеристик волновых процессов за счет представления их волнами с другими частотами, амплитудами и т.д., относящихся к исходным в заданных масштабах, например, устройства типа перцептронов [17, с.47-73], солитонные генераторы и т.п.

3. OM_3 — калибровочные модели, сохраняющие частично или полностью абсолютные значения параметров системы.

К OM_3 относятся различные натурные макеты, отображающие абсолютные значения потенциалов и др. независимых характеристик. Изменение калибровок OM_3 интерпретируется как перемещение относительно координатного базиса.

OM_3 , в отличие от предыдущих, содержат качественно неоднородные компоненты; они наиболее близки моделируемой ЭС. Модель, сохраняющая все калибровки и все качества, тождественна самой системе.

Следует подчеркнуть, что переход $OM_1 \rightarrow OM_2 \rightarrow OM_3$ осуществляется в рамках одной парадигмы, выражая потребности, возникающие на разных стадиях проектирования: для оптимизации компоновки ЭС достаточно использовать OM_1 , для прогноза поведения системы подходящей является OM_2 , для натурных испытаний необходима OM_3 и т.д.

Существует еще одна важная причина применения OM , а не непосредственно Vm . Согласно [58], $Vm Sp$ не допускает прямого применения логистических методов исследования. Для рассмотрения же инвариантов статических и динамических характеристик, этих средств вполне достаточно, что позволяет использовать стандартные методы отображения и анализа этих характеристик.

В работе, в основном, будут рассматриваться OM 1-го и 2-го типов.

1. 3. Обеспечение совместимости

Рассмотрим факторы, влияющие на надежность и эффективность функционирования ЭС.

Воздействия внешней среды. Будем различать две группы факторов: поддающиеся количественному измерению и оцениваемые косвенно.

К первой из них относятся уровни вибраций, влажности, скорости воздушных потоков, температуры, электрических и магнитных полей, запыленности и т.д. Приемлемые значения некоторых из них приведены в табл. 1. ³

³ В настоящее время на территории Украины действует большинство ГОСТов ССБТ и СЧМ; однако, во исполнение Постановлений Кабинета Министров №37 от 20.1.97 г. и № 244 от 19.3.97 г., Национальным научно-исследовательским институтом дизайна разработана и выполняется «Программа комплексной стандартизации в области дизайна и эргономи-

Таблица 1. 1. Рекомендуемые значения внешних воздействий [120, с.42].

| Фактор | Пределы изменения |
|--------------------|---|
| температура | 20-22° С |
| влажность | 30-60% |
| скорость ветра | <0.2 м/с |
| вибрация | ≤90-100 дБ, $\nu=0.4$ Гц и 95 дБ, $\nu>4$ Гц |
| электрическое поле | 60 кГц÷30 мГц, 20 В/м и 30 мГц÷300 гГц, 5В/м |
| магнитное поле | 60 кГц÷1.5 мГц, 5 А/м и СВЧ 30 мГц÷30 гГц, 10 мкВ/см ² |

Влияние этих факторов на состояние оператора нелинейно; одновременное воздействие нескольких из них неаддитивно.

К другой группе факторов, определяющих самооценку состояния оператора, относятся: чувство ответственности, страха и т.п., а также воздействия формы, размеров, окраски помещения или кабины и т.п. Их действие может вызвать нормальную, парадоксальную, ультрапарадоксальную реакцию, развитие стресса; таким образом, оно нелинейно, а синергия неаддитивна.

При проектировании ЭС нельзя пренебрегать какой-либо из групп факторов. Известно, например, что «Активность оператора резко снижается при возникновении у него психофизиологической напряженности» и «Напряженно-эмоциональное состояние характеризуется временным понижением различных психологических функций и координации движений» [4, с. 8].

Процессы внутри системы. Здесь также необходим учет разнородных формализуемых и неформализуемых факторов (информационных, технико-эстетических, психоэмоциональных, антропометрических и биомеханических).

Сложности учета воздействий усугубляются их нелинейностью и неаддитивностью их синергии, например, допустимые при отсутствии ветра температуры вызывают дискомфортные ощущения при его наличии. Поэтому недостаточно знать допустимые пределы воздействий [115, 117, 120, 121], а необходимо добиться их совместимости.

Таким образом, действие и внешних, и внутренних факторов характеризуется одними и теми же особенностями, и задача обеспечения совместимости ЭС должна решаться одинаково на основе ОМ. 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. Аддитивное или неаддитивное взаимодействие компонентов приводит к их согласованию, взаимному ослаблению или усилению совместного действия, но не к образованию качественно отличной от совокупности составляющих структуры.

ки», в соответствии с которой проводится замена ГОСТов на ДСТ Украины и их гармонизация с международными стандартами и нормами. Поэтому, во избежание недоразумений, ссылки на нормы будут, в основном, даваться по публикациям, а не по ГОСТам.

Примером является ЭС, спроектированные по принципу «снизу вверх» — от элементов к системе, с приоритетом, отдаваемым техническим устройствам (что было принято несколько десятилетий назад [48]) или человеческому фактору (чего требует современный подход [117]). В обоих случаях возможны проблемы, подобные перечисленным во введении.

2. Целостность. Система приобретает *«характеристики и свойства, которые не содержатся и не присущи ни одной из составляющих ее частей»* [4, с.8], т.е. становится самостоятельной структурной единицей, подчиняющей себе функции компонентов и видоизменяющей их в соответствии с принципами собственной самоорганизации в ходе взаимодействия с окружающей средой.

Такие системы должны проектироваться «сверху вниз» — от системы к элементам [12, 53]. 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 простой пример взаимодействия двух качественно отличных факторов (рис. 1. 4).

В соответствии с [58, с. 78-81], они интерпретируются как взаимно-перпендикулярные волны, волна и солитон, два солитона. Рассмотрим варианты⁴:

- Взаимодействуют волны с произвольным соотношением l , A , и фаз F (рис. 1.4а). Образуется многомерная волна; ее суммарный потенциал уменьшается или возрастает по сравнению с потенциалами исходных волн. Изменение труднопрогнозируемо (возможны явления биения и резонанса). Таким образом, наложение оказывает неблагоприятное воздействие, выходящее за допустимые пределы. Это ведет к ошибкам, известным как «факторные накладки».
- Длины и потенциалы взаимодействующих волн равны: $l_1=l_2$, $\pi_1= \pi_2$; сдвиг по фазе ΔF равен $1/4$ или $1/2$ периода T (рис. 1.4б). Тогда суммарный потенциал согласованного действия факторов относительно стабилен; его изменение прогнозируемо. В этом случае не происходит факторной накладки и превышения допустимых пределов воздействия. Согласно [58], такой результат взаимодействия определяется как коинциденция.

Примером коинциденции волн разной природы является электромагнитная волна.

- Замена одной или обеих взаимодействующих волн солитонами (рис. 1. 4в, г) не влияет на качественную оценку результата.

Поэтому условие интеграции разнородных факторов определится следующим образом:

⁴ При этом упрощаем задачу, пренебрегая аксиомой 2. 1., обуславливающей результат состоянием взаимодействующих и всех других С- элементов С- пространства.

1. 1. *Взаимодействие разнородных факторов, удовлетворяющих условиям коинциденции (свойство 3. 17., (3. 22) [58]), приводит к их интеграции.*

Рассмотрим условие коинциденции трех волн. Сохранение суммарного потенциала относительно постоянным возможно при соблюдении соотношений (рис. 1. 4д):

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 2\pi_2 = 2\pi_3; \\ l_1 &= l_2 = l_3; \\ \Delta F_{12} &= \Delta F_{13} = l/4T, \Delta F_{23} = 0 \end{aligned} \tag{1.12}$$

Более сложные коинциденции можно рассматривать как комбинации условий коинциденции двух и трех волн; возможны и другие соотношения характеристик, не нарушающие требований свойства 3. 17., например, приведенные в табл. 3. 4. [58].

Отсюда вытекают следующие правила компенсации неблагоприятного действия одного или нескольких факторов:

1. 2. *Если для компенсации используются факторы, имеющие потенциалы, равные потенциалам неблагоприятных факторов, условия интеграции определяются из их интерпретации как C- элементов одного слоя, а соотношения — в соответствии с порядком и группой симметрии слоя.*

1. 3. *Если для компенсации используются факторы, имеющие различные потенциалы, условия интеграции и соотношения определяются из их интерпретации как C- элементов разных слоев.*

Наличие большого числа комбинаций A, π, F, l , допускающих образование коинциденций для двух или более постоянных или переменных факторов позволяет рекомендовать согласование до уровня интеграции для решения следующих задач проектирования:

- недопущение факторных накладок внешних воздействий;
- определение компоновочных схем ЭС и ее подсистем.

Приведем примеры, иллюстрирующие применение условий интеграции .

Задача 1. 1. *Повышение качества работы при однообразном, монотонном характере труда.*

Постановка. Такая проблема возникла на Пермском радиозаводе [90]. 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. Было предложено использовать функциональную музыку (неоднородный фактор), включив ее в «технологический» процесс. Промоделируем эту ситуацию (рис. 1. 5а).

1. Построение графика изменения качества труда⁵ в зависимости от времени смены. Используются данные непосредственных измерений; здесь воспроизводится лишь качественный характер изменений. Констатируем их волновую природу и определяем необходимые для коинциденции характеристики.

2. Построение графика изменения интенсивности компенсирующего фактора. Вид графика определяется исходя из правила 1. 3.

3. Определение оптимизационных мероприятий. Анализ построенного графика показывает, что воздействие функциональной музыки необходимо увязывать как с фазой, так и с амплитудой. Поэтому для компенсации периодов вработывания и нарастания усталости необходимо усиленное, но сравнительно краткое воздействие; для поддержания же оптимальной работоспособности воздействие должно быть слабым, но постоянным. В результате потенциал — качество работы — должен оставаться на достаточно высоком уровне. К таким же выводам, в результате большой экспериментальной работы, пришли и специалисты завода — в первом случае использовались марши, эстрадные песни и танцевальная музыка с соответствующей тональной и звуковой акцентацией, во втором — лирические произведения, народные и спортивные песни. Применение 1. 3. позволило бы сократить экспериментальную часть.

Комментарий. Вследствие применения функциональной музыки производительность труда увеличилась на 1-3%, брак снизился на 1-7%; были также сокращены внутрисменные простои и повышен культурный уровень рабочих и служащих [90, с.5]. Исчерпывают ли эти показатели возможности применения функциональной музыки? Как спрогнозировать возможную эффективность этих и других компенсирующих мероприятий? В разделе 3. 4. будет показано, как провести соответствующие расчеты.

Рассмотрим пример, допускающий введение количественных оценок.

Задача 1. 2. *Поддержка устойчивой работы оператора, использующего дисплей в качестве устройства отображения информации.*

Задача комплексной защиты оператора от излучения монитора сложна и требует учета ряда факторов — ультрафиолетовых и рентгеновских излучений, статических и переменных магнитных и электрических полей, нарушающих нормальное функционирование не только нервной, но и сердечно-сосудистой, иммунной и других систем жизнедеятельности человека. Несмотря на совершенствование методик защиты, нельзя считать, что проблема полностью снята. В связи с этим выдвигаются гипотезы о наличии других неблагоприятных факторов, например, т.н. торсионного поля, природа которого недостаточно ясна.

Постановка. Не рассматривая проблему в целом, обратим внимание на следующее обстоятельство. Устойчивой умственной работе, характеризующейся высоким уровнем внимания и сосредоточенности, соответствует β -ритм коры головного мозга частотой 14-64 Гц. Частота же развертки современных дисплеев — 70-90 Гц — не соответствует β -ритму, что постепенно приводит к его

⁵ Включая показатели производительности, отсутствия брака и т.д.

сбою и, как следствие, к нарушению устойчивости работы оператора. Механизм сбоя соответствует схеме Введенского — мышечная, вегетативная и нервная система произвольно воспроизводят внешний ритм.

Решение.

1. Необходимая компенсация определится исходя из известного соответствия — спокойному состоянию оператора соответствует зеленый цвет (частота волн $5,4-6 \cdot 10^{14}$ Гц). Их частота также отлична от β -ритма. Поэтому для построения коинциденции необходимо произвести модуляцию их амплитуд в соответствии с ритмами мозга и сердца (рис. 1. 5б).

2. Простой технической реализацией этой рекомендации будет использование окошка зеленой окраски, яркость которой изменяется с частотой, равной β -ритму, а размеры — с частотой, равной сердечному ритму, причем в зависимости от интенсивности труда, эти частоты должны изменяться.

Комментарий. Отметим, что для реального применения рекомендации следует продолжить анализ — необходим учет порогов чувствительности, эффекта наложения разных цветов и т.д.

Проведем **формализацию условий целостности**. Определим вначале характер воздействия С и О факторов. Будем различать следующие варианты.

1. В зависимости от количества факторов:

1. 1. **Один С взаимодействует с одним О.** В этом случае актуальная размерность (r_a) первого слоя равна единице. Условия целостности выражаются схемой



а распределение потенциалов — формулой (1.2).

2. **Один С взаимодействует с множеством $\{O\}_{i+n}$.** Здесь r_a 1-го слоя меньше или равна $i+n$, а условия целостности выражаются схемой

$$\begin{aligned}
 & \rightarrow \{(C, \square_{kl}A, O_l) \dots (C, \square_{kl}A, O_l)\} \\
 C^* \rightarrow CP \rightarrow \dots & \\
 & \rightarrow \{(C, \square_{ml}A, O_l) \dots (C, \square_{mn}A, O_{i+n})\},
 \end{aligned}
 \tag{1.14}$$

где индексы k, m и l, n обозначают количество слоев и элементов слоев, необходимых для представления $1+\dots=i+n$ объектов, участвующих во взаимодействии, A - модальность актуального существования множеств и элементов Sp, C^* - C - граф, соответствующий сценарию расслоения для данного варианта, CP - его представление в виде совокупности C - графов, соответствующих взаимодействию C с каждым из O .

1. 3. **Взаимодействие множества $\{C\}_m$ с одним О.** r_a первого слоя меньше или равна m , условия целостности аналогичны (1.6).

1. 4. **Взаимодействие множества $\{C\}_j$ с множеством $\{O\}_{z+w}$.** r_a первого слоя меньше или равна $J^* (z+w)$, условия целостности выражаются как

$$C^{**} \rightarrow CP \rightarrow \dots \rightarrow \{(C_l, \square_{kl}A, O_l) \dots \dots \dots \{ \dots (C_l, \square_{mm}A, O_{i+n}) \} \} \dots \dots \dots \{ \dots (C_j, \square_{vw}A, O_{z+w}) \}, \quad (1.15)$$

где количество C_j , O_{z+w} , смысл остальных индексов- такой же, как для (1.7); C^{**} - C - граф, соответствующий данному варианту, CP - его представление в виде совокупности C -графов, соответствующих взаимодействию каждого из C со всеми O .

Таким образом, количество C и O влияет на вид сценария расслоения-свертки C -пространства.

2. В зависимости от компенсации потерь потенциала (свойство 3. 6. [58]) различают:

2. 1. **Отсутствие компенсации.** В этом случае количества элементов в слоях соответствуют числам Фибоначчи, а распределение потенциалов рассчитывается по (3.7) [58].

2. 2. **Частичная компенсация.** Здесь количество элементов в слоях увеличивается; число «избыточных» элементов Δn_i может быть произвольным; оно определяется согласно

$$\Delta n_i = \frac{\Delta \pi}{\pi_{in}}, \quad (1.16)$$

где $\Delta \pi$ - избыточная доля потенциала, π_{in} - потенциал элемента i -того слоя,

и округляется до целого числа.

2. 3. **Полная компенсация.** В этом случае 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 конкретного случая оно рассчитывается аналогично варианту 2. 2.

Итак, компенсация влияет на количество элементов в слоях и направленность эволюции Sp — происходит расслоение, либо «свертка наоборот», т.е. свертка, характеризующаяся увеличением суммарного потенциала Sp .

Обобщая характеристики 1. 1.-2.4., имеем следующее положение

1. 4. Условиями целостности открытых систем, включающих неоднородные компоненты, является выполнение (1.4-1.7); системы характеризуются наличием косо́й симметрии и закономерным распределением потенциалов и количеств элементов в зависимости от состава и характера воздействия внешних факторов.

1. 4. Самоорганизация как основа компоновки

Бинарным комбинациям вариантов 1. 1.-1. 4. и 2. 1.-2. 4. соответствуют различные сценарии расслоения-свертки С- пространства, описывающие ход его самоорганизации. Положим их в основу моделей 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 , конкретно, в виде С- графов и РС- диаграмм.

Компоновка по сценарию 1. 1. с учетом условий 2. Согласно [58], распределение элементов по слоям будет соответствовать рис. 1. 2, 1. 3 т.е. количество элементов слоя n равно числу Фибоначчи с номером i (для 2. 3. С- граф будет включать фрагменты, подобные показанным на рис. 1. 6; для 2.2. и 2. 4. число избыточных или «недостающих» элементов определяется согласно (1. 16)). Для слоев с одинаковыми номерами субъектной (Sp^+) и объектной (Sp^-) половин С- пространства число элементов одинаково. 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 свойства 3. 14. и предложений 3. 5.-3. 8. [58]. Характеристики элементов согласованы в пределах одного слоя или между разными слоями одной ветви. Распределение потенциалов между слоями и элементами определяется в соответствии с (1.3, 1.16); для случая 2. 2. потенциалы слоев и элементов текущего и последующего слоев равны. В первом случае характеристики элементов разнообъемны (свойство 3. 8. и его следствие 1.), во втором- нет. Для изображения соответствующих OM применяются конструктивные схемы, описываемые предложениями 4. 4.-4. 11. и свойствами 4. 4.- 4. 11. [58].

Прежде чем сформулировать следующие отсюда рекомендации по компоновке, убедимся, что охарактеризованные сценарии не просто «открыты на кончике пера», а действительно имеют место в системах биологической и неорганической природы.

Соответствие количества компонентов числам Фибоначчи.

1. Число лучей различных видов морских звезд тяготеет к числам 5, 8, 13, 21, 34, 55, что соответствует 5-10 числам ряда [19, с.105]; периоды обращения планет Солнечной системы равны 88, 224,7, 365,3, 687,1, 4333,2 ... 91544,2 суток близки к 11 (89), 13 (233), 14 (377), 15 (610), 19 (4181) ... 26 числу [103, с.92]. Это свидетельствует о предпочтительности этих чисел для определения количеств компонентов по сравнению с другими.

2. Тело стрекозы делится на две части: корпус и хвост; корпус — на три: голову, грудь, брюшко, разбитое на 5 сегментов; хвост состоит из 8 частей [19, с.109]. Панцирь черепахи состоит из овального поля (5 пластин в центре и 8 по краям, всего- 13) и периферийной каймы (21 пластина) [19, с.110]. Рост ветвей сосны чаще всего происходит с ежегодным повторением такой схемы: одна основная ветвь и 4-5 периферийных. Примеры показывают группировку элементов в соответствии со схемой на рис. 1. 6.

3. Увеличение количества видов в ходе эволюции (12 тыс. видов растений в девонском периоде, 27 тыс. в карбоновом, 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) [19, с.128]. Это подтверждает направленность самоорганизации систем в соответствии со сценариями развертки.

Группы симметрии и их соответствие размерности.

1. Симметрична (относительно черноземов) толщина почвенного покрова по линии север- юг (толщины слоев соответствуют числам Фибоначчи) [19, с.120]. Симметричны относительно отражения всех пространственных и временной оси и зарядового сопряжения (т.н. СРТ- симметрия) законы природы [107, т.4, с.506]. Симметричны цветки и листья растений. В эволюционирующих системах наблюдаются спонтанные нарушения симметрии [106]. Итак, наличие симметрии является одним из принципов организации систем.

2. В то же время, «правая» и «левая» части тела животных часто выполняют разные функции (например, правое и левое полушария мозга). В биологических системах наблюдается неравновесность «правых» и «левых» спиралей ДНК и РНК — хотя теоретически обе равновероятны.

3. Число групп симметрии в системе не всегда равно ее размерности — число сингоний кристаллов (7) больше их размерности (3) [19, с.118-119]. Это же относится к порядку симметрии- для морских звезд он может достигать 55 при «двумерной» планировке лучей. Это указывает на более частую реализацию смешанного, с образованием и параллельных, и перпендикулярных элементов, сценария развертки.

Распределения потенциалов.

1.Т.н. вурфовы пропорции размеров костей опорно- двигательного аппарата животных соответствуют золотому сечению [19, с.112]. Это подтверждает расчетное распределение потенциалов между слоями и элементами систем.

2. Геологическая история Земли сопровождается увеличением тектонической активности и, соответственно, сокращением периодов осадконакопления. При соответствующей обработке временные границы этих периодов приводятся к числам Фибоначчи, развернутым «из настоящего в прошлое», «геологическое время планеты непрерывно уплотнялось» [19, с. 128-129]. Эффект сокращения единицы измерения времени для каждого из слоев Сп также предсказывается теорией [58, свойства 3.10.-3.13.]; относительное время существования слоя косвенно связано с его потенциалом (свойство 3.11.).

3. Наличие «золотых сечений», характеризующих кульминационные моменты музыкальных и литературных произведений [19 с.189-213] подчеркивает еще один аспект распределения потенциалов по слоям — изменение качественного характера характеристик слоя (до кульминации действие развивается по нарастающей, после — по нисходящей). Об этом же свидетельствуют первые два примера. Характерно, что для тех сценариев, где потенциал смежных слоев одинаков (рост веток деревьев хвойных пород) не происходит качественного изменения природы их элементов.

Теперь сформулируем рекомендации в соответствии с данными сценариями. (1.5) интерпретируется, согласно рис. 1. 7, как

$$\begin{array}{ccc}
 o_i & \longleftrightarrow & h_i \\
 \updownarrow & \swarrow \quad \leftarrow \mathcal{E} \quad \searrow & \updownarrow \\
 o_u & \longleftrightarrow & h_u
 \end{array} \tag{1.17}$$

что соответствует взаимодействию одного оператора с одним устройством; оператор моделируется как Sp^+ , оборудование — как Sp^- . Отсюда вытекает необходимость следовать следующим правилам:

1. 5. Группировать элементы по слоям в соответствии с рис. 1.2;

1. 6. Определять количество групп и элементов в них в соответствии с числами ряда Фибоначчи;

1. 7. Использовать различные 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;

1. 8. Устанавливать системы пропорции зон размещения элементов компоновки, а также самих элементов в соответствии с расчетным распределением потенциалов;

1. 9. Производить определение абсолютных значений размеров и других связанных с потенциалами характеристик путем калибровки по антропометрическим, биомеханическим и др. параметрам (ГОСТы групп 12.2 ССБТ, 22 СЧМ, [117, 120, 121]).

Таким образом, находится 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, иллюстрирующие использование данных рекомендаций.

Задача 1. 3. Определение компоновочной схемы пульта управления.

Постановка. Пусть, для определенности, на панели пульта необходимо разместить 15 стрелочных приборов и 15 двухпозиционных переключателей. Это даст $P=30!$ возможных вариантов размещения, что исключает случайное угадывание наилучшего. Однако опытный проектировщик, руководствуясь интуицией или фиксированными правилами [117, т.5, гл.5, 104], сумеет найти наилучший вариант. В первом случае ему будет сложно обосновать свое решение, во втором — следование правилам может оказаться весьма трудоемким, т.к. приходится решать переборную задачу большой размерности. Покажем, как с помощью сделанных рекомендаций устранить эти недостатки.

Решение.

1. Условие совместимости (интеграция) определится, из рис. 1. 7:



где символы \rightarrow обозначают отношения принадлежности, а \leftrightarrow - функциональной симметрии.

2. Количества групп и элементов определим, интерпретируя o_s и h_s как коинцидентные С- множества первого слоя $С_1$, а o_i, o_u и h_i, h_u — как количества С- элементов последующих слоев при расслоении субъектной и объектной частей $С_1$. Тогда для всех слоев с одинаковыми номерами выполняется:

$$o_i = o_u = h_i = h_u, \quad (1.19)$$

а конкретные их значения для каждого слоя выбираются из первых чисел ряда Фибоначчи исходя из общего количества размещаемых элементов.

Итак, имеем соотношения структур и элементов, соответствующие С-графу (OM_1), показанному на рис. 1. 2:

1-ый слой — одна панель;

2-ой слой — две группы (приборы и переключатели);

3-ий слой — три функциональные группы приборов и переключателей;

4-ый слой — пять элементов в каждой группе.

Комментарий. Таким образом, размещение происходит по простым и легкоформализуемым правилам; его результат тождественен интуитивному решению. Это не случайно — как будет показано в 2. 2., граф на рис. 1. 2 моделирует также процесс формирования интуитивного образа.

Задача 1. 4. *Определение пропорций зон размещения и элементов.*

Постановка. Продолжим решение задачи 1. 3. Пусть, для простоты, формы зон размещения и элементов, а также их окраска будут одинаковыми. Это позволит считать потенциалы пропорциональными площадям и не вносить поправки на освещенность, окраску и т.д.⁶

Решение. Принимая размер большей стороны пульта равным 100 условным единицам, и исходя из компоновочной схемы (рис. 1. 2), наличия симметрии и расчетного распределения потенциалов по слоям и элементам, получим систему пропорций, показанную на рис. 1. 8а.

Задача 1. 5. *Определение размеров элементов.*

Постановка. Переход от условных единиц к реальным осуществляется путем калибровки, что предполагает использования условий целостности (1. 17). Предположим, что в данном случае критическими являются:

- минимальный размер символов, необходимый для свободного их чтения;
- минимальное расстояние между переключателями, препятствующее случайному включению одного вместо другого.

Решение.

1. Данные для калибровки.

Пусть минимальный размер символов 3,5 мм (по условиям освещенности, контраста и т.д., определяющим их читаемость [117, 120]), расстояние между строками- 2 мм, максимальное количество строк в сообщении- 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: 1 у. е.=8.75 мм, размеры информационных табло — 112*70 мм, зон размещения 145*108 мм, пульта — 870*540 мм (рис. 1. 8б).

⁶ В 3. 3. будет указано, как учитывать эти факторы.

Проверяем, соблюдаются ли допустимые расстояния между переключателями: $40 \cdot 5 + 50 \cdot 4 = 400 < 540$ по ширине. Итак, окончательный вариант размещения принимается согласно рис. 1. 8б.

Комментарий. Отметим, что при решении подобных задач [11, 12, 53, 56, с.80-84] возникает необходимость оптимизации по ряду разнородных критериев. Решение таких задач рассматривается в 3. 3.

Компоновка по сценарию 1. 2. и 1. 3. и влияние на ее ход условий 2.

Рассмотрим следующие варианты.

А. Отсутствуют взаимодействия между С- элементами и С- множествами (нет одинаковых характеристик для всех $\{O\}_{i=n}$ (1.2.) или $\{C\}_m$ (1.3.)). Тогда расслоение происходит в соответствии со схемой на рис. 1. 9а, а суммарное количество С- элементов N для всех j -тых слоев равно

$$N = r_a n, \quad (1.20)$$

где n - соответствующее число ряда Фибоначчи, определяемое согласно (1.2).

Размерность рассчитывается по числу перпендикулярных слоев. Количество групп симметрии и порядок симметрии слоев в общем случае не соответствуют размерности. Распределение потенциалов рассчитывается по (1.3) с тем отличием, что на каждую «ветвь» графа приходится $1/r_a$ часть потенциала S_p . Влияние различных уровней компенсации на ход расслоения и количество элементов аналогичен рассмотренному выше.

Б. С- элементы и С- множества взаимодействуют (некоторые характеристики С (или О) одинаковы). Здесь количество элементов не равно числам Фибоначчи, но является произвольным от них. Размерность, характеристики симметрии и влияние уровня компенсации определяются аналогично случаю А. Распределение потенциалов выражается производными от (1.3) величинами. Топология С- графов и РС- диаграмм характеризуется наличием петель и циклов (рис. 1. 9б).

Приведем примеры организации систем по описанным сценариям.

Самоорганизация систем по нескольким внешним факторам.

Регуляция внутренних органов и желез (сердца, коры надпочечников, легких и т.д.) и жизненных систем (пищеварительной, иммунной, кровеносной и т.д.) осуществляется посредством двух или более систем (нервной, эндокринной, авторегуляции.), соответствующих количеству и природе действующих факторов [108]. Системы регуляции являются относительно независимыми (что интерпретируется как перпендикулярность «ветвей») и имеющими прямые и обратные связи (иерархия S_p и взаимодействия С- элементов и множеств).

Количества и группировки компонентов.

1. Количества электронов, заполняющих атомные орбиты, равны 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 [103, с.93].

2. Кривые, описывающие количества краевых цветков (исследованы 18573 цветка) для многих видов растений имеют два ряда максимумов: соответствующих числам Фибоначчи и делящих интервалы между этими числами в отношениях, близких к «золотому сечению» [19, с. 91-93]. Наличие производных рядов, связанных с исходным рядом Фибоначчи

чи той или иной закономерностью, указывает на влияние количества и природы внешних факторов на организацию системы.

Симметрия и размерность.

В квантовых системах действует принцип Паули (две тождественные частицы с полуполным спином не могут одновременно находиться в одном состоянии) [107, т.3., с.551]. Таким образом, закономерности распределения частиц (например, электронов в атомах) объясняются симметрией определенного вида. При этом порядок симметрии не равен размерности пространства.

Распределение потенциалов.

1. Согласно [103], распределение газов в атмосфере Земли определяется «мерой избыточности», сводимой к «золотой пропорции».

2. Различные пропорции тела человека [19, с.143-153] и связанные с ними системы архитектурных пропорций [23], связаны с числами, производными от Φ . Это показывает, что для многофакторных систем распределение потенциалов основано на производных по отношению к «золотому сечению» закономерностях.

Интерпретируя (1.14) применительно к ЭС, будем трактовать его как взаимодействие одного оператора с несколькими устройствами, либо как взаимодействие коллектива операторов с одним устройством. Исходя из характеристик сценариев самоорганизации Сп и приведенных примеров, определим следующие рекомендации:

1. 10. *Группировку элементов, использование симметрии и распределения потенциалов, а также расчет связанных с ними характеристик осуществлять отдельно для каждой из подсистем; взаимодействующие С-элементы интерпретировать как дублируемые компоненты подсистем. Таким образом ликвидируются петли и циклы и упрощается топология системы.*

1. 11. *Интерпретировать взаимодействующие С-элементы как компоненты отдельной подсистемы, находящейся в иерархической связи с исходными. В этом случае сокращается число компонентов, но усложняется топология системы. Расчет количества элементов, потенциалов и других характеристик требует внесения поправок в соответствии с (1.16, 1.20).*

1. 12. *Для коллектива операторов следует выделять структуры их ответственности и подчиненности, а также части системы, являющиеся «зонами ответственности» каждого из них, сводя к необходимому минимуму дублирование функций.*

Задача 1. 6. *Определение компоновки системы регуляции сердечной деятельности.*

Постановка. Измерение параметров сердечной деятельности лежит в основе ряда методик оценки интенсивности труда оператора; *принципы и схемы регуляции могут использоваться для построения систем, основанных на закономерностях бионики.* Отсюда ясно важное прикладное значение задачи.

По данным исследований [8, 41, 108], на работу сердца оказывают влияние: 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, темпера-

тура. Эти факторы воздействуют на симпатические и блуждающие нервы спинного и продолговатого мозга, кору надпочечников или непосредственно на синусно- предсердечный и предсеречно- желудочный узлы, мышцу сердца, правое предсердие вызывая изменение ритма и кровяного давления.

Решение. Естественная группировка воздействий по природе факторов и характеру приводит к схеме, показанной на рис. 1. 10а и модели компоновки на рис. 1. 10б.

Комментарий. Анализ физиологических данных, схемы и модели компоновки, учет модальностей состояния, позволяет сделать следующие выводы:

- количество и группировка компонентов систем регуляции тяготеют к первым числам ряда Фибоначчи (1, 2, 3, 5);
- дублирование функций систем регулирования имеет свои нюансы — авторегуляция обеспечивает постоянство соотношения фаз напряжения и расслабления, нервная система действует быстро, эндокринная — медленнее, но дольше по сравнению с нервной; воздействие происходит на различные точки сердца;
- наличие многочисленных обратных связей в нервной и эндокринной системах и между ними интерпретируется как взаимодействия С- элементов и С- множеств согласно их принадлежности слоям Сп;
- наблюдаются многочисленные примеры распределения численных характеристик в соответствии с Φ или производных от нее величин. Так, по данным В.Д. Цветкова, соотношение систолического и диастолического давлений приблизительно равно 1,6, пульсовые давления находятся в соотношении 0,365:0,664, отношения фаз активности миокарда к общей продолжительности сердечного цикла отражают последовательность чисел Фибоначчи 5, 8, 13, 21, 34 [19 с.166-169];
- наблюдается влияние недельных, сезонных и т.д. ритмов.

Компоновка по сценарию 1. 4. с учетом условий 2. В этом случае топология сценария, ввиду большого количества петель и циклов, возникающих в результате взаимодействий, может быть охарактеризована как сетевая. По этой причине, а также в результате возможной компенсации потенциалов, количество элементов в слоях трудноопределимо. В число принципов расслоения- свертки входят различные группы симметрии. Порядок симметрии не связан с размерностью системы. Распределение потенциалов по слоям обнаруживает связь с Φ ; эта связь, однако, может быть достаточно отдаленной.

Приведем несколько примеров.

Организация систем по сетевому принципу.

Так организованы лимфатическая, кровеносная, нервная системы; одно из устройств, моделирующих распознавание образов- перцептрон. Отметим следующие особенности: наличие двух типов элементов; функциональные отличия различных групп элементов. Это можно трактовать, как наличие волн и солитонов и распределение элементов по слоям.

Симметрия как один из принципов организации.

В перечисленных системах симметричны «правая» и «левая» части; градиенты возбуждения и торможения, элементы как волновой, так и солитонной природы. Имеют место и

нарушения симметрии, а также функциональная асимметрия 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 синергетике и общей теории систем [106, 110].

Закономерности распределения потенциалов.

Насчитывают пять ритмов колебаний мозга (об их соответствии различным состояниям сознания — см. 2. 2.). Соотношение частот колебаний соответствует инвариантам «золотой пропорции». Однако имеет место и другая закономерность — средние геометрические частоты ритмов относятся друг к другу как 2:1 [19 с.171-172]. Этот факт характеризует производный характер распределения потенциалов для систем сетевого типа и возможность проявления других закономерностей, имеющих отдаленное родство с распределением потенциала по слоям в соответствии с (1.15).

Рассматриваемый вариант имеет место, когда коллектив операторов взаимодействует с несколькими устройствами. Компоновка таких систем должна соответствовать следующим принципам:

1. 13. *Разбиение системы на отдельные подсистемы, с каждой из которых работает только один оператор — такое приведение (1.15) к сумме (1.13) позволяет упростить топологию сети, сведя к минимуму число петель и циклов.*

1. 14. *Распределение подсистем по иерархическому принципу, отражающему особенности их функционирования.*

1. 15. *Распределение операторов по иерархическому принципу, соответственно с ролью подсистем, с которыми они работают.*

1. 16. *Применение различных групп симметрии, как принципа композиции [20].*

1. 17. *Использование закономерностей распределения потенциалов для определения размеров зон размещения элементов и самих элементов.*

Задача 1. 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 1. 13.-1. 15.

Постановка. Рассмотрим определение независимых подсистем для подводной лодки. Пусть необходимо организовать управление положением лодки в пространстве, работой силовой установки, системой ведения огня, поддержания связи с командным пунктом, а также системами жизнеобеспечения.

Решение.

1. Определение количества подсистем. В соответствии с 1. 13, выделяем следующие независимые подсистемы: пространственной ориентации, ведения огня, контроля силовой установки, связи, жизнеобеспечения. Информацию, характеризующую несколько процессов (например, глубина погружения важна

для систем ориентации, ведения огня, жизнеобеспечения), во избежание петель, дублируем для каждой из подсистем. Согласно 1. 14, устанавливаем контроль над ними с пульта командира, на панель которого выводим индикаторы их функционирования.

2. Определение числа операторов. Количество групп операторов определяется согласно сценария 1. 4.; число операторов для каждой из подсистем — в соответствии с параметрами информационного обмена и требованиями надежности. Действия операторов осуществляются под контролем командира (1.15). Структура системы управления примет вид, показанный на рис. 1.11.

2. Моделирование деятельности оператора

Определив основные принципы компоновки, перейдем к обоснованию более тонких рекомендаций, связанных с учетом особенностей деятельности оператора. Для обеспечения эффективности, надежности и безопасности необходимо, чтобы системы отображения информации (СОИ) были ориентированы на наиболее эффективные виды восприятия, обеспечивали устойчивость информационного обмена, содержали средства управления психоэмоциональным состоянием оператора. Необходимо также добиваться согласованности, в том числе временной, различных форм принятия решения, и информационные системы должны содействовать этому. Наконец, необходимо, чтобы системы управления обеспечивали, в зависимости от ситуации, возможности реализации согласованных интуитивно обусловленных, рефлексных, обдуманных действий. Эти требования реализуются при выборе информационных кодов, использовании цвета и других средств влияния на эмоциональное состояние, учете естественных ритмов при определении интенсивности труда, опирающихся на соответствующие технические решения. Для их оптимизации необходимо исследовать *состав, последовательность, приоритетность, относительные веса, количественные характеристики различных форм восприятия, распознавания, принятия решения и действий управления, имеющих место в едином процессе операторской деятельности, т.е. провести системный анализ.*

Такая постановка отличается от сложившихся традиций исследования (и нормирования) с позиций, например, психологии, физиологии или геометрического моделирования. В последнем случае выясняется, какой аппарат (линейная, обратная, нелинейная перспектива) лучше соответствует зрительному восприятию и даются рекомендации относительно улучшения обзорности, освещенности и т.п. (ГОСТы 21.958-76, 22.269-76, ISO 8995:1989, [45]); для оптимизации же необходимо знать относительное значение интуитивных, эмоциональных, рецепторных восприятий для распознавания и принятия решения, что позволит правильно находить компромиссы при наличии противоречивых частных рекомендаций. Таким образом, обе постановки дополняют друг друга, находя свое особое применение в ходе проектирования.

Осуществление необходимых согласований возможно в рамках общей модели «оператор — оборудование — среда», включающей модели отдельных видов операторской деятельности. Поскольку существующие в настоящее время модели (например, рекомендуемая ИКАО SHELL-модель Хокинса, рис. 2. 1 [113] или модель ЭС на рис. 1. 7 [117]) абстрактны и не дают конкретных предсказаний, будем использовать модели С-пространства. Необходимо:

- основываясь на условиях целостности и сценариях самоорганизации, (1. 3., 1. 4.), построить модель «оператор — оборудование — среда»;
- разработать частные, согласованные с ней, модели, а именно восприятия, распознавания и принятия решений, действий управления;

- проверить их соответствие известным закономерностям, и, если модели окажутся достоверными, использовать их для решения конкретных задач оптимизации операторской деятельности и СОИ, а также, отбора и подготовки операторов (4-я глава).

2. 1. Моделирование системы «человек — среда»

В процессе эволюции сложился определенный комплекс взаимодействий человека с окружающей средой. При проектировании оборудования естественно максимально сохранять его особенности — что минимизирует необходимую адаптацию [78]. Тогда модель «оператор — оборудование — среда» сведется к модели «человек — среда» (МЧС), которая и принимается в качестве базовой.

Будем исходить из следующих положений:

1. ЭС является одной из подсистем системы «человек — среда», и интерпретируется как S - множество некоторого слоя. В этом случае условия ее гармонического взаимодействия со средой трактуются как обеспечение расчетных соотношений потенциала и др. характеристик.

Ниже будут рассмотрены влияние формы, размеров и окраски помещения на состояние оператора (задача 2. 2.). Рекомендуемые значения других факторов — температуры, вибрации и т.д. — можно найти в табл. 1. 1. и [120, с.42-53, 238-250, 121].

2. Система «человек — среда» рассматривается с позиций синергетики и общей теории систем как целостная, сложная, открытая система [58, 66, 67, 100, 106, 110], находящаяся в состоянии динамического равновесия. Под *средой* понимается «близкий», познаваемый мир, непосредственно влияющий на процессы жизнедеятельности человека.

Границы среды и состав системы не являются четко определенными. Например, для задач распознавания это сенсорное пространство, для изучения влияния природных ритмов необходимо рассматривать «*космопланетарный феномен человека*» [46].

3. Система моделируется как S - пространство; самоорганизация — как совокупность сценариев расслоения-свертки; структура компонентов, связей, взаимодействий — как S - элементы, S - множества, их отношения и операции, отображаемые в форме OM_1 .

4. Совокупность сценариев расслоения-свертки определяется составом $\{C\}$ и $\{O\}$ — «удаленных» частей универсума, ограничивающих Sp .

5. Инварианты и степень детализации модели определяются типом задачи. Здесь это статические инварианты и OM_1 (с. 11).

МЧС будет иметь гносеологическое значение, если, исходя из отношений структур S - пространства, можно будет описывать и давать предсказания относительно следующих фактов и феноменов:

- неоднородность, автономность и, вместе с тем, целостность компонентов системы (гомеостаз организма, самодостаточность природы);

- наличие качественно различных взаимосвязанных уровней организации (физиологические и психические процессы, вещество и поле);
- распространенность симметрии, константы Φ и производных отношений, как факторов целостности системы [19, 20, 58, 103, 106];
- качественное различие взаимодействий компонентов на разных уровнях — и их координация и глобальность действия (системы регуляции, обратные связи);
- расчлененность масштабов времени протекания процессов для различных уровней — и их взаимную согласованность (связь биоритмов с суточными и др. ритмами [41]).

Построение МЧС. Анализ фактических данных об организации человека и среды приводит к выводу о том, что имеет место наиболее общий случай организации [58, с.86-87], т.е. Сп формируется в результате взаимодействия $\{C\}$ и $\{O\}$, а условия целостности принимают вид:

$$U \rightarrow (\{C\}_o, C_n, \{O\}_p) \rightarrow CP \vee CP^* \vee CP^{**}, \quad (2.1)$$

причем

$$CP \rightarrow n(\{C\}_{i=1,\dots,n}, \square_{xy}, \{O\}_{i=1,\dots,n}) \quad (2.2)$$

$$CP^* \rightarrow (m-n)(\{C\}_{i=n+1,\dots,m}, \square_{ixy}, \{O\}_{m-n}) \quad (2.3)$$

$$CP^{**} \rightarrow (o-m)(\{C\}_{o-m}, \square_{i=o-m,\dots,o,j=p-m,\dots,pxy}, \{O\}_{p-m}), \quad (2.4)$$

где CP обозначают тип сценария; n, m, o, p, o>p- количества С и О; i, j- порядковые номера расслоений Сп, соответствующим взаимодействиям различных С и О; x, y- номера слоев и принадлежащих им С- элементов и С- множеств.

Это означает, что в рамках общей схемы (2.1) расслоение происходит тремя способами: n раз по сценарию (2.2), m-n раз по сценарию (2.3) и o-m раз по сценарию (2.4), не сводимому к предыдущим. Рассмотрим их подробнее.

Расслоение (2.2) моделируется показанным на рис. 2. 2 С- графом, предсказывающим общие принципы построения системы, членение на уровни и элементы, количества независимых характеристик, необходимых для их описания. Проверим эти прогнозы.

Уровень 1. Ему соответствует первое число Фибоначчи — 1 — и модальность потенциального существования Сп. Это означает возможность существования Сп как недифференцированной целостности.

Уровень 2. Второе число Фибоначчи — 1 — и модальность актуального существования Сп означают проявившееся двуединство его природы: одна целостная волна включает две «кососимметричные» (свойство 3. 3. [58]) половины. Тем самым создается основа дифференциации системы (организация человека соответствует субъектной $(Сп^+)$, среды — объектной $(Сп^-)$ половин С-пространства). Эта дифференциация не нарушает единства, поскольку существование $Сп^+$ и $Сп^-$ по отдельности невозможно, а в ходе расслоения косая симметрия сохраняется (предложение 3. 1. [58]). Характеристики системы включают n наборов по 1 параметру.

Уровень 3. Ему соответствует число 2, и это означает актуализацию дифференциации $Сп^+$ и $Сп^-$ как самостоятельных компонентов этого слоя. В силу волновой природы, и субъектная, и объектная половины $С$ -пространства целостны. Порядок симметрии равен двум. Состояние системы описывается n наборами параметров, включающих по две независимые характеристики. Имеется соответствие между кососимметричными характеристиками $Сп^+$ и $Сп^-$.

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 составляющие, 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. т.е. наборы из двух характеристик; существуют соответствия между веществом и телом, психикой и полем и т.д.¹

Уровень 4. Количество элементов и для $Сп^+$, и для $Сп^-$ равно 3. Порядок симметрии — 3. Состояние системы описывается $2 \cdot n$ наборами параметров из трех характеристик, которые нельзя применять для описания элементов, принадлежащих предыдущему слою (свойство 3. 8. и его следствие 1 [58]). Тем самым устанавливается несводимость друг к другу различных уровней организации, при сохранении их единства в рамках одной системы.

Например, психическая составляющая естественно делится на ум, волю и эго; процессы, происходящие во внешней среде, характеризуются энергией, информацией и энтропией. Как соответствующие, интуитивно воспринимаются ум и информация, воля и энергия, эго и энтропия. Эти 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 фундаментальности числа 3 — инварианта функционирования структур данного уровня. Это будет использовано при построении системы оценок ЭС (3. 4.).

Уровень 5. Пятому слою принадлежат множества из 5 элементов; порядок симметрии — 5; количество характеристик — $6 \cdot n \cdot 5$.

Эти предсказания коррелируют, например, с наличием 5 экстероцептивных органов чувств, 5 пальцев конечностей, 5 фаз вещества (вакуум, плазма, газ, жидкость, твердое тело), 5 взаимодействий (гравитационные, электрические, магнитные, сильные, слабые) и т.д. Подмечены соответствия между «тонкими» — полевыми и психическими — коррелятами органов чувств и фаз вещества, т.е. кососимметричными элементами, и между симметричными элементами, например, пальцами левых и правых конечностей. Использование пятеричных характеристик для описания свойств предыдущих слоев оказывается неадекватным.

¹Подобные соответствия устанавливаются интуитивно по величине потенциала и симметрии элементов. Поскольку, согласно (1.5), потенциал не связан фиксированной функциональной зависимостью с волновыми характеристиками, природа соответствующих структур может быть частично или полностью различной.

Эти пять уровней характеризуют общий план организации системы. Для процессов восприятия-распознавания прослеживаются 6-ой и последующие уровни, соответствующие числам 8, 13, 21... (2. 2.).

2. *Расслоение (2.3)* характеризуется наличием петель в С- графе, отражающих взаимодействия С- элементов и С- множеств разных ветвей.

Этот сценарий организации наблюдается в строении систем организма. Например, наличие нескольких систем регуляции одного органа интерпретируются как взаимодействия между элементами разных ветвей; полифункциональность систем (например, возбуждение парасимпатических нервов вегетативной системы генерирует увеличение просвета кровеносных сосудов; возбуждение же симпатических нервов той же системы — их сужение [108]) — как следствие соответствия элементов одной ветви.

3. *Расслоение (2.4)* моделируется графом с сетевой топологией.

Этот принцип организации характерен, в частности, для коры головного мозга.

Итак, наличие большого числа примеров, подтверждающих сделанные на основе МЧС прогнозы, позволяет считать установленным, что

2. 1. *Организация системы «человек — среда» соответствует С- графу (2.1); организация отдельных систем и органов — С- графам (2.3-2.4).*

Теперь становится понятнее роль «золотой пропорции» (наряду с симметрией), как принципов организации и факторов целостности природы и человека — это следствие общих законов самоорганизации.

Механизм возникновения связей и обменов в системе «человек — среда». Пусть в результате внешнего воздействия повреждается один из элементов, для определенности i -того слоя $Сп^+$ (обозначен кружком на рис. 2. 2). Рассмотрим последствия.

1. Поскольку нарушится целостность, система прекратит существование ($i=1$, свойство 3. 13. [58]), либо восстановит целостность за счет перераспределения потенциалов между слоями $Сп^+$ (эфферентные и афферентные связи обозначены \rightarrow и \rightarrow). Это перераспределение, возможное в небольших пределах, соответствует явлениям регенерации, авторегуляции и усталости. Для слоев с номерами, меньшими i , влияние внешнего воздействия будет все менее ощутимым. 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 превращения $\bullet \rightarrow \cup$ 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 (свойство 3. 8. [58]), качественно различными будут и процессы обмена и изменения слоев с одинаковыми номерами $Сп^+$ и $Сп^-$ (i и $i+1$).

3. Отметим, что разные сценарии обмена (сохранение динамического равновесия, восстановление или деструкция систем и органов) могут быть

описаны с помощью операций **С, К, И, Д**. Например, нормальная, парадоксальная и ультрапарадоксальная реакции нервной системы на изменение величины раздражителя интерпретируются как частные случаи суперпозиции (табл. 3. 3. [58]). Поскольку реализация операций обусловлена определенными ограничениями, в т.ч. связанными с потенциалами элементов, это приводит к расслоению взаимодействий в соответствии с расслоением **С**- пространства. В пределах каждого из слоев будут выполняться законы сохранения, обусловленные, согласно т. Нетер [58, с.80], присущей ему группой симметрии.

4. Наиболее чувствительными для существующей организации будут взаимодействия на резонансных частотах. Их компенсация потребует перераспределения наибольшей доли потенциала, а влияние будет ощущаться для нескольких ближайших слоев. Этот эффект объясняет механизм действия неблагоприятных излучений одного вида на разные системы организма (задача 1. 2.).

Таким образом, использование МЧС позволяет формализовать в рамках целостной системы перечисленные в начале раздела особенности взаимодействий и, следовательно, моделировать процесс операторского управления. Наличие корреляций с существующими фактами позволяет считать обоснованным следующее положение:

2. 2. Причиной существования:

- гомеостаза и регенерации;
- прямых и обратных связей;
- качественных различий процессов обмена между компонентами системы «человек — среда» в условиях неравновесных внешних воздействий является необходимостью сохранения ее целостности в соответствии с условиями (1.13-1.16).

Отсюда следует возможность уточнения и формализации характера воздействий окружающей среды на состояние оператора:

2. 3. Благоприятными следует считать такие воздействия внешней среды, которые содействуют восстановлению целостности $Сп^+$; неблагоприятными — воздействия, нарушающие целостность $Сп^+$.

Интересно отметить, что в традиционной китайской медицине причинами заболеваний полагались нарушения равновесия инь-ян и 5 элементов в результате внешних взаимодействий. Аналогичной точки зрения придерживались и индусские медики. Положение о том, что причины дисбактериоза следует искать в нарушении энергетического баланса в организме вследствие воздействия среды, разделяется и все большим числом современных медиков [46, с.197-225]. Подтверждением этого служит, например, установленная Чижевским корреляция эпидемий и уровня солнечной активности.

Пределы саморегуляции определяются исходя из необходимости поддержания динамического равновесия организации, что формализуется как недопущение дальнейшего расслоения (или свертки). Это соответствует, согласно (1.3), изменению потенциала для каждого элемента каждого слоя в преде-

лах $\pi \div \pi \cdot \Phi$. Таким образом, для показателей, производных от потенциала, имеем следующее положение:

2. 4. *Пределы изменения показателей, относящихся к одному уровню, не должны превышать отношений, равных $1:\Phi$ или производных от него.*

Например, диапазоны ритмов мозга человека (1-4, 4-7, 8-13, 14-35, 34-55 Гц) [13, с.166-174] близки к указанным пределам; выход за границы отношения $1:\Phi$ знаменует смену психического состояния (табл. 2. 2.). В 4. 3. положение 2. 4. будет использовано для уточнения пределов адаптации к различным, в том числе патогенным, воздействиям.

Положения 2. 1.-2. 4. *определяют весовые коэффициенты тех или иных взаимодействий (2. 2. 2.), используются при оценке воздействия производственной среды (задача 2. 2.), определяют возможности расчета психофизиологических показателей (4. 2. 2.).*

Рассмотрим предсказание теории о **расслоении времени для разноуровневых компонентов системы «человек — среда».**

Согласно свойств 3. 10.-3. 13 и их следствий [58], единицы измерения времени — периоды волн — для каждого из слоев закономерно уменьшаются по мере расслоения (1.6), причем существуют такие сценарии, для которых время существования каждого слоя, измеренное в его собственных единицах, одинаково (1.7). При этом время существования любого элемента и любого слоя не превышает времени существования С- пространства в целом (1.8).

Известно, что масштабы времени для разных уровней организма неодинаковы — различают хронобиологические ритмы организма, физиологических систем, органов, клеток, биохимических реакций [41, с. 15-44]. Они согласованы с астрономическими явлениями. По мере перехода к последующим уровням масштаб времени уменьшается. Это свидетельствует о закономерной расчлененности единого потока времени на согласованные ритмы при сохранении целостности системы «человек — среда» (задача 2. 1.). Итак:

2. 5. *Расчленение единого времени на потоки, соответствующие уровням организации системы, обусловлено необходимостью сохранения ее целостности в соответствии с условиями (1.6-1.8).*

Таким образом, МЧС соответствует известным данным о структурах и процессах системы «человек — среда» и позволяет предсказывать качественные, а в ряде случаев и количественные закономерности.

Задача 2. 1. *Согласование интенсивности труда оператора с естественными ритмами.*

Постановка. Физиологические показатели человека изменяются в соответствии с временем суток, фазами луны, сезонами года, уровнем солнечной активности и т.д. Данные о влиянии этих факторов на биоритмы каждого из уровней неполны [41, с. 7-87]. Это не позволяет построить и откалибровать целостную МЧС и отследить все механизмы такого влияния. Ограничимся рассмотрением суточных, месячных и годовых ритмов на уровнях организм —

физиологическая система — орган, связь которых с астрономическими явлениями вращения и движения 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. 2. 3), согласно сценария (2.2). Калибруя его по уровням и их рассчитывая продолжительность по (3.9, 3.12) [58], а также приняв во внимание отсутствие переходов $\cup \rightarrow \bullet \rightarrow \cup$, что выражается в отсутствии коэффициента 0.5 в (3.9) [58], имеем:

1 — год — основной циклический период; 2 — год как волна, включающая половины, соответствующие полугодиям между осенними и весенними равноденствиями — теплый и холодный сезоны²; 3 — 2 пары времен года: 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 времен года; 5 — $12 \cdot 5 = 60$ недель и 6 — $60 \cdot 8 = 480$ дней.

Б. Расчетная схема лунного ритма включает 4 слоя графа, построенного на рис. 2. 2. Откалибровав его и произведя необходимые подсчеты, имеем: 1 — месяц; 2 — месяц как волна, включающая периоды от новолуния до полнолуния и от полнолуния до новолуния; 3 — 4 фазы луны (недели); 4 — 12 циклов; 5 — 60 дней.

В. С-граф суточных ритмов соответствует 4 слоям на рис. 2. 2: 1 — сутки; 2 — сутки как день и ночь; 3 — 4 шестичасовых цикла; 4 — 12 двухчасовых цикла.

Г. Сравнивая расчетные значения с фактическими продолжительностями астрономических годов и месяцев, (365, 25 и 29,5 суток) констатируем их несогласованность, т.е. отсутствие целостности системы.

Д. Сравнивая расчетные значения суточных ритмов с биоритмами для организма — физиологических систем — органов, соответственно 24 ч. для человека; 12 и 6 ч. для систем инь- и ян- органов и меридианов; 2ч. для отдельных органов), констатируем их совпадение.

Е. Отсюда следует необходимость учета в годовом цикле трех независимых ритмов, а также невозможность их согласования в пределах цикла.

Ж. Продолжительность интервалов для пятого уровня — от $120/5 = 24$ мин. до $24 \cdot \Phi = 15$ мин. Это соответствует рекомендуемым пределам времени непрерывной работы оператора 15-20 мин. [24].

2. Механизмы воздействия ритмов природы на биоритмы человека. Принимаем, что для годовых ритмов определяющим является температурный градиент, для месячных — гравитация, для суточных — освещенность и температура. Примем во внимание также наличие «этнокультурного фактора».

Идея цикличности бытия пронизывает культурные традиции индоевропейского, дальневосточного, мезоамериканского ареалов [29, 46, с.165-197, 95] и противостоит идее

² Полугодия определены по астрономическим событиям.

линейности времени, преобладающей в современной цивилизации. Сила воздействия этого фактора иллюстрируется, например тем, что по утверждению Г. Вирта, именно идея годового цикла лежала в основе прарелигии человечества. Поэтому при определении интенсивности труда оператора в течении длительных промежутков времени нельзя игнорировать связанных с ней стереотипов поведения.

3. Ритмы и современный календарь. Используемый в настоящее время календарь не согласован с астрономическим началом года, не вполне соответствует фазам лунного цикла. Дестабилизирующую роль играет переход на зимнее и летнее время, равносильный внезапному изменению часового пояса [41].

Рекомендации по планированию интенсивности труда.

1. Примерный график интенсивности труда отдельно для теплого и холодного полугодий показан на рис 2. За. Отметим, однако, что:

2. 6. *Определение времени отпуска в каждом конкретном случае должно проводиться индивидуально в соответствии с данными медицинского обследования оператора.*

Например, сезонная активность сердца идет на спад во второй половине августа; для человека с больным сердцем окончание отпуска в это время может привести к серьезному заболеванию.

2. 7. *Критические точки (смена сезонов и межсезонья) должны сопровождаться кратким отдыхом и восстановительными процедурами. В это время следует планировать профилактику оборудования, переподготовку и т.п.*

В традиционных культурах к таким дням приурочивались посты и праздники (интуитивное применение коинциденции для компенсации неблагоприятных факторов).

2. Примерный месячный график интенсивности труда показан на рис. 2. 3б. Отметим желательность:

2. 8. *Повышения нагрузки в дни 1-ой и 3-ей фаз; снижения нагрузки в дни перед или после новолуния и полнолуния, а также 2-ой и 4-ой фаз; отдыха или ослабления интенсивности труда в дни смены фаз.*

3. Рекомендации по суточному планированию достаточно известны. Отметим необходимость:

2. 9. *Предварительного тестирования с целью определения «сов» и «жаворонков»; увязки интенсивности и характера труда операторов с состоянием его здоровья и активности тех или иных органов и систем; информирования оператора о фазах луны, сезонной и суточной активности органов и систем — это компенсирует его оторванность от природы — и об их этнокультурной интерпретации — это усилит воздействие изложенных рекомендаций.*

Средством информирования могла бы стать специальная заставка, вывешиваемая на экране дисплея в начале смены и т.п.

Комментарий. Как следует из построенных графиков, выполнение рекомендаций 2. 6.-2. 9. позволяет уменьшить несоответствие интенсивности труда природным и биологическим ритмам, но не уничтожить его. Стремиться следует именно к уменьшению: как показывают данные исследований [41, с.48-57], механизмы адаптации, гомеостаза и десинхроноза в этом случае дают «тренировочный» эффект, позволяя улучшить показатели, влияющие на производительность труда.

2. 2. Восприятие

Существует много моделей различных видов восприятия, построенных с позиций биологии, психологии, информатики и геометрии [17, 25-27, 64, 71, 73, 119, 123...]. Каждая из них имеет право на существование. Однако необходима комплексная, в рамках МЧС, модель восприятия (МВ), согласованная с другими моделями операторской деятельности. Это особенно важно, поскольку именно несогласованность и несовместимость служат основными причинами ошибок управления [28, 113, 128]. Модель восприятия может считаться полезной, если позволит интерпретировать и объяснить:

- существующий набор различных видов восприятия и типов сенсорных каналов, а также их приоритетность;
- явления факторной накладки и синестезии;
- связь возможности восприятия, его последовательности, характеристик и особенностей, в частности, гештальтов, с состоянием сознания и предыдущим опытом оператора;
- несоответствие непрерывности потока данных (например, световых волн) и дискретности их восприятия, не связанного с порогами чувствительности рецепторов.

2. 2. 1. Построение модели восприятия

Классификация восприятий. Обычно выделяют 2 группы и несколько видов восприятий [73, 89] (рис. 2. 4а), связанных с различными стадиями процесса управления (рис. 2. 4б [114]).

Для первой группы рецепторы естественно группируются по типам; их количества равны числам Фибоначчи. Это позволяет сопоставить их с 4 и 5 уровнями МЧС и объяснить явления факторной накладки и синестезии:

А. Факторная накладка проявляется в форме взаимного усиления или ослабления восприятий: *«Звуковой раздражитель может обострить воздействие зрительного ощущения, повысить его чувствительность»* [89, с. 12] и *«Воздействие шума на зрительное восприятие информации (чтение и распознавание) отрицательно. Ошибки запоминания перечня предметов возрастают от 10-20 до 70-80%»* [117, т.2, с. 26]. Эти эффекты в рамках теории С- операций трактуются следующим образом: поскольку зрение, слух и т.д. и их ор-

ганы принадлежат одному слою (отдельно для психической и телесной составляющих), их потенциалы одинаковы. Потому при совместном восприятии создаются условия для образования многокомпонентных волн, что, как было показано в 1. 3., приводит к изменению их суммарного потенциала, проявляющегося в виде усиления или ослабления ощущений.

На первый взгляд, предсказание о равенстве потенциалов сенсорных восприятий противоречит их приоритетности. Так, по разным оценкам, человек получает 70-90% информации в зрительной форме, и лишь 10-30% посредством других рецепторов [120, с.5]. Для других видов существ приоритетность иная — у собаки, например, ведущим является обоняние, затем слух, и лишь потом зрение. Сопоставление таких фактов приводит к выводу о том, что приоритетность не связана с потенциалом, а является следствием частоты обращений к данному рецептору, характерному для конкретного вида. Механизм здесь следующий: актуальное существование соответствующего тому или иному рецептору С- элемента — а значит, и способности восприятия — возможно лишь вследствие воздействий С и О (проявляющихся как внимание, сосредоточенность, психологическая доминанта, привычка, условный и, в результате эволюции, «видовой» рефлекс); при их отсутствии элемент существует потенциально и акт восприятия невозможен. Следовательно, количество воспринятой информации пропорционально частоте актуализаций.

Б. Синестезия — *«перенос качеств одних ощущений на другие, например, слухового на зрительное»*, возможная при *«совместной работе органов»* [89, с. 12], — является следствием реализации условий возникновения коинциденции (1. 3.). В результате коинциденции образуется С- элемент, «наследующий» чувствительность к разнокачественным воздействиям, что распознается (на более высоком уровне) как неспецифическая или ошибочная реакция. Например, при механическом воздействии на глаз — «искры посыпались», при экспериментах с распознаванием карт Зоннера — «видение кожей» и т.п.

Калибровка восприятий первой группы производится с учетом экспериментальных данных [73] и психологического тестирования [84, 97, 100].

Восприятия второй группы не обнаруживают, однако, такого внутреннего единства. Возможно выделение нескольких признаков, обуславливающих их таксономию: в соответствии с членением времени на прошлое (память), настоящее (ясновидение, ясновыслушивание и т.д.) и будущее (предвидение); в соответствии с состояниями сознания — восприятие в состоянии сна, эмоционального возбуждения и т.д. Неясным остается место интуиции.

Поэтому очевидно несовершенство такой классификации, в частности, невозможность использования для определения веса восприятий.

В то же время, ряд фактов показывает существование связи восприятий 2-ой группы с МЧС. К ним относятся:

- соответствие разновидностей восприятия (вдохновение, озарение, экстрасенсорные восприятия и т.д.) сенсорным ощущениям — указание на симметрию элементов слоев с одинаковыми номерами;
- «глобальность» действия интуиции — восприятие предмета целиком;

- наличие последовательности восприятия начиная с «быстрого осознания характерных и наиболее ярких особенностей структуры... Результирующая структура будет как можно более простой... равновесие, упрощение, стремление к отчетливости, увеличение симметрии, выделение лишней детали, упрощение формы, стремление к замкнутой форме, повторение очертания, увеличение подразделений, переход от наклонного положения к вертикальному» [7, гл. 2] — указание на самоорганизацию восприятия;
- корреляция эмоций с восприятиями в пределах одного или нескольких уровней. Например, эмоциональные реакции на тот или иной тон зависят и от цвета, и от положением в пространстве [89, с.56]:

Табл. 2. 1. Объемно-пространственные цветовые ассоциации.

| Тон | Сверху | Сбоку | Снизу |
|--|---|------------------------------------|---|
| теплые, светлые: светло-желтый, розовый | возбуждают | согревают | приподнимают плоскость |
| утемненные теплые: оливково-желтый, коричневый | замыкают пространство, давящее ощущение | приближают плоскость | усиливают ощущение плоскости |
| светлые, холодные: голубой, бирюзовый, лиловый | раздвигают пространство | охлаждают, раздвигают пространство | делают поверхность скользкой, стремительной |
| темные, холодные: темно-синий, темно-зеленый | создают ощущение мрака и угрозы | охлаждают, делают печальным | создают угнетенность |

Другими примерами являются соответствия высоты звука и цвета — высокие звуки «через посредничество» одинаковых эмоций ассоциируются со светлыми тонами, низкие — с темными» [112, с.68-69], ассоциации цветов и запахов и т.д. [73, 89].

* многоуровневная корреляция интуиции и эмоций, сопровождаемая согласованностью последующей реакции. Так, неравновесие композиции (оцениваемое интуитивно), сопровождается чувством неудовлетворенности (эмоция) и генерирует желание восстановить равновесие (реакция) [7, гл. 1]. При этом эмоции отличаются качественно (по калибровочным инвариантам слоев), и количественно (мера отклонения от значений потенциала, обеспечивающих целостность — усиление дискомфорта, беспокойства и т.п.).

Опираясь на эти факты, а также [6, 19, 73, 74], определим соответствия восприятий с уровнями МЧС, психическими состояниями и ритмами мозга.

Таблица 2. 2. Корреляции видов восприятия.

| № у-я | Колич. э-ов | Предмет восприятия | Вид восприятия | Психические состояния | Ритм мозга |
|-------|-------------|---|----------------|------------------------------------|-------------------|
| 1 | 1 | целостность системы «человек — среда» | интуиция | расширенное сознание | неизвестен |
| 2 | 1 | целостность организованной структуры на неорганизованном фоне | интуиция, эго | глубокий покой, сон без сновидений | Δ- ритм, 0,5-4 Гц |
| 3 | 2 | бинарная оценка организованности — хорошо, плохо и т.п. | плюс эмоции | покой, неглубокий сон | Θ- ритм, 4-7 Гц |

| | | | | | |
|---|----|--|-----------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 4 | 3 | тернарная пространственно-временная организованность. | плюс интеллект | бодрствование | α - ритм, 8-13 Гц |
| 5 | 5 | сенсорные раздражители: свет, звук и т.д.; чувство равновесия; усталость, голод и т.д. | плюс 3 гр. рецепторов | сенсорное в-е; умственная работа | β - ритм, 14-35 Гц |
| 6 | 8 | основные цвета, звуки и т.д.; градации равновесия; усталости и т.д. | то же | возбуждение | γ - ритм, 34-55 Гц |
| 7 | 13 | градации цвета, звука, и др. ощущений | то же | то же | то же |
| 8 | 21 | дальнейшие градации цвета, звука и др. ощущений | то же | то же | то же ³ |

Анализ таблицы позволяет установить следующие положения:

2. 10. *Как предмет восприятия, так и воспринимающая система представляют собой многоуровневые системы, инвариантные С- графу МЧС.*

2. 11. *Для воспринимающей системы $Сп^+$ потенциально возможно восприятие кососимметричных структур тех же уровней $Сп^-$.*

2. 12. *Воспринимающая система включает все телесные (до уровня 5) и психические структуры человека.*

2. 13. *Приоритеты и веса отдельных видов восприятия определяются их потенциалами в соответствии с МЧС.*

Таким образом, поскольку каждому уровню соответствует расчетный потенциал, появляется возможность, зная приоритетность и коэффициент условий восприятия, точно определить значимость любого из взаимодействий.

Комплексная МВ. Руководствуясь 2. 10.-2. 13., построим РС- диаграмму восприятия (рис. 2. 5). Проверим, насколько она соответствует фактам, используя данные гештальтпсихологии о развития восприятия [7, 95, 117, т.1, с.189-192]:

А. Целостность предмета, воспринятого несколькими рецепторами — является следствием целостности воспринимающей системы;

Б. Восприятие вначале целостной картины, выделение фигуры на фоне, движение от простого к сложному путем дифференциации, схватывание характерных черт от общих к частным — соответствует ходу расслоения $Сп$, тогда как процесс поэлементного восприятия — свертке.

В. Группировка близких и сходных элементов (число элементов — 7 ± 2 — т.н. числа Миллера [95], (4-8, [120, с.8], см. также 2. 2. 3.); «исправление» формы (упрощение, изменение ракурса, заполнение пробелов) — соответствуют расслоению С- пространства, числу Фибоначчи 8; вариабельности потенциала в пределах $\pi \div \pi \cdot \Phi$ и «подгонке» воспринимаемых характеристик под эти уровни и пределы.

Г. Существование врожденных «предпочтительных» группировок элементов, их схожей эмоциональной оценки для представителей разных культур

³ Соответствие γ -ритма 6-8 уровням подчеркивает изменение сценария расслоения на этой стадии (с. 46); по мере нарастания возбуждения, ритм ускоряется; предполагается существование еще двух ритмов с частотами 55-118 и 118-225 Гц [19, с.170-171].

[29, 46] соответствуют универсальности, врожденности расслоения-свертки Сп и соответствующих инвариантов, как принципов организации систем.

Д. Далее, предположение о том, что расслоение С- пространства происходит с образованием перпендикулярных элементов до 5 слоя включительно, а затем образуются только параллельные элементы, позволяет объяснить наблюдаемую группировку качественных и количественных различий признаков воспринимаемых предметов [58, свойства 4. 22., 4. 23.]. Это позволяет также дать оценку выразительных средств ОМ, использующих графические или звуковые символы [58, свойства 4. 24., 4. 25.];

Е. Активность (доминанта), как правило, только одного органа восприятия, задержка при переходе от одного вида восприятия к другому, необходимость психофизиологической настройки органа восприятия, время фиксации, необходимое для восприятия (количественные характеристики приводятся в [120, с. 8-18]) объясняется соответственно состояниями потенциального и актуального существования, необходимостью свертки и расслоения для перехода от одного С- элемента к другому (стрелки на рис. 2. 5.), необходимостью С и О воздействий для смены состояния С- элемента, целостностью психической и телесной компонент человека, неодномоментностью перехода $\Pi \rightarrow A$ и $\cup \rightarrow \bullet$;

Ж. Прослеживаемая связь с состояниями сознания и экспериментально определяемыми или рассчитываемыми ритмами мозга указывает на существование нейронных ансамблей — эквивалентов уровней МЧС — и их пространственную локализацию, например, в затылочной и теменной частях для 4-го слоя (α -ритм), в лобных долях для 5-го уровня (β -ритм и т.д.). В свою очередь, две закономерности распределения частот ритмов, основанных на прогрессии с коэффициентом 0.5, Φ и производных от Φ инвариантах, можно объяснить расчетными изменениями потенциалов (вдвое при переходе $\cup \rightarrow \bullet$ и с коэффициентом Φ при переходе от слоя к слою [58, с. 71-72].

Предсказываемое соответствие между субъектной и объектной половинами С- пространства проявляется, в частности, в совпадении частоты основного ритма мозга — α - ритма — с частой геомагнитного поля земли и электростатических волн атмосферы [19, с.174].

Таким образом, *предсказания МВ коррелируют с известными закономерностями восприятия, что определяет возможность ее применения для оптимизации СОИ и деятельности оператора.*

Для калибровки несенсорных восприятий следует воспользоваться методами, изложенными в [58, с. 118-124] и приведенной там литературы; для учета субъективных показателей конкретного оператора необходимо проводить соответствующее тестирование.

2. 2. 2. Оценка весов различных видов восприятия

Методика. Необходимо определить, во-первых, потенциальные возможности каждого из видов восприятия и, во-вторых, их «технические» характеристики. Каждая из этих оценок независима от другой.

1. А. Локальность или глобальность действия оцениваются как сумма потенциалов задействованных уровней МЧС, выраженная по отношению к потенциалу первого слоя.

Для предварительных расчетов удобно принять потенциал первого слоя равным 162 (получаемые оценки будут выражаться легко воспринимаемыми не очень большими или малыми числами) и использовать условные единицы измерения с округлением до целых чисел; при проведении экспериментальной работы необходимо определять связь измеряемых величин (и их единиц измерения) с потенциалом для каждого слоя отдельно.

Б. Приоритетность, отражающая значимость вида восприятия для человека и его профессиональной деятельности, выражается коэффициентом k_1 , определяемым для каждого из задействованных слоев в пределах $0 \div 1$;

В. Коэффициент условий восприятия, выражающий уровень комфортности и т.п., k_2 , определяемый для каждого из слоев в пределах $0 \div 1$;

Г. Связь с распознаванием и принятием решения выражается разностью между номером слоя рецептора (i_1) и номером слоя, где происходит распознавание и решение (i_n), плюс единица.

Формула расчета оценки p примет вид

$$p = \frac{\sum_{j=i_1}^{i_n} \pi_j \cdot k_1 \cdot k_2}{i_i - i_n + 1} \quad (2.5)$$

2. Устойчивость к помехам и факторным накладкам, пропускная способность, возможность работы без психологической настройки оцениваются как «высокие», «средние» и «низкие». Подчеркнем целесообразность использования качественных экспертных оценок, несмотря на наличие количественных данных [117, 120, 121], поскольку, согласно следствию 1 свойства 4. 8. [58], информационные оценки неприменимы для разнокачественных характеристик.

Оценка потенциальных возможностей видов восприятия. В соответствии с (2.5), и принимая все $k_2=1$, имеем:

- для интуиции: $(162+99+61+37+23+14+8+5)*1*1/1=409$;
- для зрения ($k_2=0.8$): $23*0.8*1/(5-4+1)=9.2$;
- для слуха ($k_2=0.1$): $23*0.1*1/(5-4+1)=1.15$.

Аналогично можно оценить возможности других рецепторов.

Оценка «технических» характеристик:

- для интуиции: низкая, высокая, низкая;
- для зрения: высокая, высокая, средняя;
- для слуха: средняя, низкая, высокая; и т.д. для других рецепторов.

Из приведенных оценок следует, что каждый из видов восприятия обладает недостатками, мешающими его применению в информационных подсистемах.

темах. Однако эти виды дополняют друг друга, позволяя компенсировать недостатки. Отсюда следует рекомендация:

2. 14. СОИ должна быть организована следующим образом:

- данные о работе оборудования представляются в форме, удобной для интуитивного восприятия;
- визуально представляемые данные используются в качестве средства управления эмоционального состояния оператора и поддержания настройки на интуитивное восприятие;
- звуковое сопровождение дублирует, а при необходимости и усиливает эмоциональную настройку, не создавая помех для переговоров.

Таким образом, необходимо добиваться, чтобы оператор не просто «интересовался» показаниями приборов, а «сочувствовал» и «сопереживал» происходящим изменениям, «вживаясь» в ситуацию. Это содействует концентрации внимания и, следовательно, стабилизации информационного обмена. Соответствующие средства будут обсуждены в последующих разделах.

Организованную по этому принципу систему отображения информации будем называть *интуитивной (ИСОИ)*.

2. 2. 3. Инварианты и настройки восприятия

Определение инвариантов. По колористической системе МКО, цвет характеризуется тоном, чистотой (насыщенностью) тона, относительной яркостью. Световые волны представляют непрерывный ряд в диапазоне 400-700 нм, который, однако, воспринимается как дискретный. Цвет как таковой (1 градация, 2 уровень) включает светлые и темные тона (2 градации, 3 уровень); теплые, нейтральные и холодные тона (3 градации, уровень 4), 5 холодных тонов (уровень 5), наконец, 8 основных цветов (уровень 6).

Табл. 2. 3. Основные цвета [89, 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 чувствительности: согласно [117, т.1. табл. 4. 3.], для света средней интенсивности глаз способен различать 128 оттенков, классифицируемых, однако, как 12-13 цветов. Такая же картина наблюдается для яркости: 570 различаемых уровней яркости белого цвета [117, т.1., табл.4. 2.] воспринимаются как 2; 3; 5 градаций (до 25, согласно [31, с. 33]). По насыщенности тона выделяется более 10 уровней; всего по всем показателям возможно более $120 \cdot 25 \cdot 10 = 30000$ градаций [31, с. 33].

Приведенные числа совпадают с первыми числами Фибоначчи (1, 2, 3, 5, 8), достаточно хорошо коррелируют с последующими (13, 21), и приблизительно — с предсказываемым числом оттенков одного цвета $8 \cdot 13 = 104 < 128$, числом градаций по всем показателям $8 \cdot 13 \cdot 13 \cdot 21 = 28392 < 30000$).

Это распределение объясняется следующим образом: совпадение — соответствием уровням МВ, содержащими перпендикулярные С- элементы, об-

ладающие большими потенциалами, устойчивыми при взаимодействиях и поэтому легко различимыми; хорошая корреляция — соответствием уровням МВ, содержащим параллельные С-элементы с меньшими потенциалами, менее устойчивыми при взаимодействиях и хуже различимыми; приблизительная корреляция — учет нескольких показателей (тон, чистота, яркость) соответствует операции дифракции, при этом число элементов изменяется по сравнению с количеством исходных. Нечеткость данных также содействует несовпадению с расчетными показателями.

Аналогичная картина наблюдается при восприятии звуков. Раздражитель как таковой (1 градация) воспринимается как высокий или низкий звук (2 градации). Согласно [117, т.1, табл. 4. 2., 4. 3.], на частоте 2000 Гц (наилучшей слышимости) ухо способно различить 325 уровней громкости, что воспринимается, однако, как 3-5 градаций; при громкости 60 Дб в пределах 20-20000 Гц (пороги слышимости) ухо различает 1800 уровней, классифицируемых как 4-5 звуков. Наконец, 8 тонов составляют музыкальную октаву.

Отметим, что эти оценки носят среднестатистический характер и могут отличаться как для разных профессиональных групп, так и индивидуумов. Известно, например, что К.К. Сараджев различал 1701 звуковой тон в диапазоне от до-бемоль до си-диез [112, с.15].

Тем не менее ориентироваться необходимо на среднестатистические данные. Это приводит к следующему выводу:

2. 15. *В ИСОИ следует использовать не более 8 градаций света или звука для отображения качественных изменений данных и не более 13 для дискретного представления их количественных изменений.*

Приведем еще одну возможность применения приведенных данных. Предельное нормативное количество объектов, с которыми может одновременно работать авиадиспетчер, составляет 14, что уже превышает емкость оперативной памяти — 5-9 единиц. Известен, однако, случай успешной работы диспетчера с 54 объектами, что достигалось за счет их группировки. Использование правил группировки в соответствии с уровнями МВ при обучении диспетчеров позволит обеспечить правильность их действий в критических ситуациях. Возможен также учет этих закономерностей при совершенствовании нормативов и т.п.

Материал этого раздела позволяет заключить, что МВ объясняет последнее из используемых для ее проверок положений — о несоответствии непрерывного характера некоторых раздражителей и дискретности восприятия, что и определяет ее практическую применимость.

Настройки и калибровки. Настройка на интуитивное восприятие включает [58, с. 45- 49]:

1. Построение объектной модели;
2. Психофизиологическую настройку;
3. Интуитивное восприятие.

Прокомментируем их.

1. Построение объектной модели производится конструктивно и призвано обеспечить выход на соответствующий уровень восприятия в системе «че-

ловек — среда», создав должный эмоциональный настрой. Поэтому в качестве ОМ могут применяться любые предметные, графические или звуковые образы, имеющие необходимый набор калибровочных инвариантов, например, ряд графических символов, приведенных на рис. 2. 6., или подобных им. Отметив, что изменение ориентации символов изменит и эмоциональные соответствия [7, 123], обоснуем их выбор.

Согласно [29], эти символы универсальны для человечества как в этнокультурном, так и в историческом плане. Они отражают последовательность и оценку событий космологического мифа о сотворении мира (1), его дифференциации (2, 3, 2+2, 5, 3+3, 7, 8, 3+3+3), борьбе групп богов (2), их троичности (3, 3+3), гибели мира и начале нового цикла (10) [29, 46, с.165-195]. Таким образом, они вызывают наиболее древние и стойкие архетипные ассоциации. И наоборот, развитие и «топология» мифа может быть истолкована исходя из последовательности и «топологии» самоорганизации. Итак, приведенные на рис. 2. 6. соответствия объективны.

Эти же факторы объясняют наличие экспериментально обнаруживаемых предпочтений в восприятии и распознавании информации, находящих применение в информационных системах [117, т. 1, с.192, 54, 64, 65]. Например, показанная на рис. 2. 7а. структура воспринимается и распознается как два отрезка (рис. 2. 7б), а не как две ломаные (рис. 2. 7в), хотя возможны обе трактовки. Понимание механизма образования предпочтений как следствия «влияния долговременных стереотипов ожиданий и установок на кратковременные ожидания и установки внимания» [117, т.1, с. 189] менее конкретно, чем основанное на теории самоорганизации: инвариантом структуры на рис. 2. 7б является 2 (2-ой слой), на рис. 2. 7в. 2+2 (3-ий слой); второй слой образуется раньше и обладает большим потенциалом, поэтому он и определяет предпочтительность трактовки.

2. Последовательность настройки следующая:

А. Сведение к минимуму физиологической активности — дыхания, деятельности мышц и органов — содействует успокоению и повышению чувствительности центральной нервной системы;

Б. Приглушение и отключение органов чувств — не возникают впечатления, мешающие сосредоточению на образе ОМ в памяти;

В. Достижение бесстрастности — отключаются подсознательные влияния, возрастает сосредоточение;

Г. Отключение дискурсивного и ассоциативного мышления — радикально решается проблема внелогичности.

Все эти процессы контролируются эго посредством волевых воздействий и использования психофизиологических реакций.

Облегчить их протекание и управлять состоянием оператора может использование калибровок, основанных на светозвуковых ассоциациях.

Табл. 2. 4. Примеры цветомузыкальных ассоциаций [112, с. 69].

| Тональность | А.Н. Скрябин | Н.А. Римский- Корсаков | Б.В. Асафьев |
|-------------|------------------|--|---------------------------------------|
| до-мажор | красный | белый | — |
| соль-мажор | оранжево-розовый | светлый, коричнево-золотистый, откровенный | изумруд газонов после весеннего дождя |

| | | | |
|-----------------|---------------------|---|--------------------------------|
| ре-мажор | ярко-желтый | дневной, желтоватый, царственный | как блеск солнечных лучей |
| ля-мажор | зеленый | яркий, весенний, цвет вечной юности, розоватый | радостное, пьянящее настроение |
| ми-мажор | сине-белесоватый | синий, сапфирный, блестящий, ночной, темно-лазурный | ночное звездное, глубокое небо |
| си-мажор | сине-белесоватый | грозовые тучи, мрачный, темно-синий с свинцовым отливом | — |
| фа-диез мажор | ярко-синий | серовато-зеленый | кожа зрелого апельсина |
| ре-бемоль мажор | фиолетовый | темноватый, теплый | красное зарево |
| ми-бемоль мажор | стальной, с блеском | темный, сумрачный, серо-синеватый, тональность «крепостей и градов» | синева неба, лазурь |
| ля-бемоль мажор | пурпурно-фиолетовый | характер нежный, мечтательный, серовато-фиолетовый | цвет разломанной вишни |

Эти данные нельзя считать результатом точно поставленного психологического эксперимента: ответы разнообъемны, число опрашиваемых слишком мало, не определен вес их ответов, поэтому необходимо проявлять осторожность.

Окончательно:

2. 16. Для управления состоянием оператора следует применять:

- наборы символов, калибровочные инварианты которых коррелируют с необходимой эмоциональной реакцией;
- полученные на статистически достоверной выборке данные о светозвуковых соответствиях;
- данные индивидуального тестирования следует применять для настройки ИСОИ на конкретного оператора, что исключает несанкционированный доступ к системе.

3. Далее следует трудноописуемая стадия постепенного угасания “я” и его контроля, перерастающее в установление тернарной связи, в результате чего никакое личностное влияние не воздействует на изменение настройки в процессе непосредственного интуитивного неличностного восприятия.

Приведем пример практического применения МВ.

Задача 2. 2. Оценка влияния формы и размеров помещения на состояние оператора.

Постановка. Существует огромный «банк данных» решений, основанных на использовании разнообразных форм и систем пропорций [23]. В то же время, неясными остаются механизмы воздействия формы и размеров и их «вес» в ряду других факторов, определяющих самочувствие оператора (температура, окраска, освещенность и т.д. Например, декларируемая в [97] задача их поиска сводится к геометрической интерпретации эмпирических корреляций

параметров интерьера и восприятия звуковой информации [98]). Это не позволяет корректно сформулировать задачу оптимизации с учетом всех факторов.

Решение.

1. Определение механизмов влияния. В результате предшествующего опыта оператора по взаимодействию со средой складывается и активизируется определенная схема восприятия целостных объектов. Соответствующий ей С-граф показан на рис. 2. 8б. При попадании в помещение обычной планировки (рис. 2. 8а), оператор изолируется и ему приходится воспринимать его форму как замену внешней среды. Соответствующий С- граф показан на рис. 2. 8в. В результате воспринимающая система начнет эволюционировать, приняв, в конечном счете вид, соответствующий этому графу. Для перестройки придется затратить определенный потенциал, величина которого и определит силу влияния геометрии помещения. Его мерой будет несоответствие топологии или потенциалов С- графов на рис. 2. 8б и 2. 8в. Согласно 2. 3., это влияние является негативным.

2. Количественная оценка влияния формы помещения Р. Итак, необходимо подсчитать:

- разность между фактическим n_f (по рис. 2. 8в) и теоретическим n_i (по рис. 2. 8б) количеством элементов слоев, отдельно для каждого из них, с весовым коэффициентом a_i , равным расчетному потенциалу слоя, учитывающим значимость соответствующих видов восприятия:

$$P_1 = \sum_{i=1}^K a_i |n_f - n_i|, \quad (2.7)$$

где K - количество слоев (здесь — 6, с 2 по 7); $a_i = 0,618 * a_{i-1}/i$.

- разность между фактическими π_f и теоретическими π_i потенциалами элементов, отдельно по слоям, с коэффициентами a_i , то есть

$$P_2 = \sum_{i=1}^K a_i |\pi_f - \pi_i|, \quad (2.8)$$

что даст более точную оценку, но сопряжено с необходимостью экспериментального определения π_f . Поэтому ограничимся расчетом по (2.7). Пол, потолок, стены, вершины и ребра будем интерпретировать как С- элементы; для С- элементов двух последних слоев (вершины и ребра) учтем, что они являются результатами суперпозиции соответственно 3 и 2 элементов предыдущего слоя.

Принимая потенциал первого из сопоставляемых здесь слоев равным 100, получим: $P = 100 * |1-1| + 61 * |0-2| + 37 * |3-3| + 23 * |0-5| + 14 * |8-8| + 8 * |12-13| = 245$.

Для сравнения определим влияние формы помещения христианского храма, взяв наиболее простую планировку (рис. 2.9а, б) и приняв в качестве

перекрытия крестовый свод. С- граф будет иметь вид, показанный на рис. 2. 9в. Подсчитаем: $P=100*|1-1|+61*|2-2|+37*|0-3|+23*|5-5|+14*|5-8|+8*|8-13|=193$.

Таким образом, интуитивная оценка планировки храма как лучшей по сравнению с планировкой рабочих помещений, получает количественное подтверждение.

Кроме того, функция храма как символа получает подкрепление в его оформлении (сюжеты икон соответствуют идее единства божества (1), противопоставлению святости и греха (2), неба, земли и ада (3) и т.д., те же мотивы подчеркиваются и в литургической практике); с учетом этого компенсируется даже небольшое отрицательное влияние объемно-планировочного решения. Связь рабочего помещения с космологическим мифом не столь очевидна; использование пространственно-цветовых ассоциаций (табл. 2.1.) способно сделать ее более явной.

3. Оценка влияния размеров определяется исходя из условий целостности, но в другой интерпретации — оператор будет чувствовать себя комфортно, если потенциал его формы и формы помещения будут относиться как Φ , т.е. формы трактуются как смежные слои Сп. Данные [123] по оценке потенциала геометрических фигур позволяют предположить, что потенциал оператора будет приблизительно определяться объемом эллипсоида, несколько выступающего за контуры тела — что, возможно, соответствует форме биополя. Упрощенно можно считать, что высота помещения должна быть пропорциональна росту ($175*1.618=2.83$ м), ширина — размаху рук ($170*1.618=2.75$ м; высота и ширина образуют «живой квадрат»), а длина — высоте ($283*1.618=4.57$ м). Отклонение фактических размеров от приведенных и определяют меру их влияния. Для более точной оценки необходимо учесть расположение мебели, количество людей в помещении и т.п. Отметим, что размеры комнат в крупнопанельных домах (чаще всего — $5*3*2.7$ м) незначительно отличаются от расчетных. Пропорции человеческого тела находят широкое применение в построении различных архитектурных модулей [23].

2.4. Вес геометрических факторов в общей оценке помещения. Поскольку восприятие пространства, согласно МВ, соответствует четвертому слою, а рецепторы освещенности, температуры и т.д. соответствуют пятому, то для помещения, образующего целостную (подчеркнем это) систему с оператором, совокупный вклад рецепторов в создание ощущения комфорта следует оценить как 0.618 от вклада формы и размеров. Для отдельных рецепторов он еще меньше: например, для органа слуха — $0.618*0.1/15=0.041$.

Комментарий. Обобщая полученные в ходе решения результаты, получим рекомендации по повышению оценки помещения:

2. 17. *Объемно-планировочное членение объема помещения на части должно максимально соответствовать естественной последовательности восприятия (организации внешней среды, инвариантам космологического мифа); окраска — создавать эмоциональный фон, облегчающий интуитивное восприятие помещения как замены среды.*

2. 18. *Размеры должны подбираться на основе пропорций человеческого тела, или, при наличии возможности, пропорций его биополя, исходя из того, что человек и помещение соответствуют элементам смежных слоев целостной системы, и с учетом расположения оборудования, мебели и т.п.*

2. 3. Распознавание и принятие решений

К настоящему времени получены важные практически значимые решения проблемы распознавания образов. Упомянем лишь о нашедших массовое применение в компьютерной индустрии системах распознавания текста (Fine Reader и др.) и речи (Voice Type включена в OS/2 Warp 4). Давно разрабатываются математические модели принятия решения [6, 28, 64, 69, 83, 84, 91], также находящие практическое применение [113, 124-127]. Вместе с тем, преждевременно было бы утверждать, что сняты все вопросы. Наоборот, понимание интеллектуальной деятельности в последние десятилетия развивалось в направлении осознания ее сложности и неприемлемости упрощенных представлений, выделяющих какую-либо одну определяющую составляющую [17, 42, 72, 87]. Поэтому сосредоточимся на моделировании соотношения составляющих распознавания и решения. Построим их модель (МРР) как компонент МЧС, обращая внимание на ее пригодность для разрешения следующих проблем:

- непрерывности образа (класса) и дискретности восприятия;
- качественного изменения образа при постепенном изменении признаков (проблема «превращения головастика в лягушку»);
- объяснения последовательности распознавания и решения, ее связи с сознанием, памятью, способностью к предвидению, эмоциональным тонусом, гомеостазом, условными и безусловными рефлексам.

2. 3. 1. Построение МРР

Конкретизируем принимаемую в эргономике модель обработки информации, показанную на рис. 2. 10 [114], уделяя основное внимание выяснению **последовательности процессов.**

Наблюдение за ходом распознавания и решения показывает, что имеют место несколько отличных по затрачиваемому времени действиям видов:

1. Интуитивно обусловленная реакция (рис. 2. 11а). Это условное название объединяет следующие признаки:

- адекватность сложившейся, как правило, экстремальной ситуации, проявляющаяся в действиях, направленных на недопущения ее развития в направлении, угрожающем жизни оператора. Это подразумевает наличие предвидения, прогноза;
- «реальность времени» реакции, ее соответствие динамике ситуации;
- комплексность, включающая согласованные разнородные реакции на эмоциональном и др. уровнях. Например, возможны как мгновенное инстинктивное движение, так и длительная целенаправленная после-

довательность действий по изменению окружения, образа жизни и т.п.;

- неосознанность реакции, невозможность объяснить причины принятых действий предыдущим опытом, тренингом, инструкциями.

Отсюда следует тесная связь реакции с интуитивным восприятием и отсутствие связи с аналитической деятельностью, памятью и сознанием.

2. *Рефлекс (рис. 2.11б)* характеризуется:

- типичными реакциями на типичные ситуации, обусловленными индивидуальным опытом оператора (условные рефлексы) или особенностями видового поведения человека (безусловные рефлексы, инстинкты);
- запаздыванием по отношению к динамике ситуации, отсутствием предвидения при ее нестандартном развитии;
- многообразием типов и различием длительности реакций, при их шаблонности и предсказуемости.

Эти особенности указывают на ключевую роль памяти в распознавании и принятии решения, а также на связь с результатами сенсорного восприятия.

3. *Обдуманное решение (рис. 2.11в)* определяют:

- формирование на основе сенсорных ощущений образной, символической или формальной модели ситуации, с задействованием, в той или иной степени, речевого кода;
- рациональный анализ ситуации и выработка прогноза ее развития и его последствий с учетом опыта оператора и нормативных документов;
- наличие предельной «пропускной способности», после чего обдумывание не поспевает за динамикой ситуации;
- осознанность всех этапов анализа и действий, подавлением эмоциональных ощущений и рефлексов.

Итак, здесь ведущие роли играют ум, память и сознание; эмоции воспринимаются как отвлекающие помехи.

Поэтому необходимо построение трех МРР, описывающих механизмы каждого из перечисленных видов.

Модель интуитивно обусловленной реакции. Поскольку эта реакция адекватна интуитивному восприятию, необходимо рассмотреть формирование *интуитивного образа*. В соответствии с [58, с.45-49], под процессом интуитивного познания понимается установление тернарной связки между С и О в целостном У. Его результатом — *знанием 2-го рода* — является Сп, которое, согласно предложения 2. 1., будет двойственным, представляя собой и аппарат ТС, и модель О или С. Соответственно, возможны две интерпретации его ОМ.

Формирование интуитивного образа (совокупности образов при восприятии нескольких предметов) моделируется как расслоение С- пространства, описываемое как РС- диаграмма, соответствующая сценариям (1.13-1.15), включающим образование параллельных и перпендикулярных С- множеств и

С- элементов (рис. 2. 12). Тогда образ — совокупность всех \square, \cup, \bullet С- пространства, находящихся в состоянии актуального существования. Эти множества и элементы выражают совокупность признаков образа. Признаки разного качества соответствуют элементам разных слоев или перпендикулярным элементам одного слоя; однородные признаки — параллельным элементам [58, с.72, 78-81]. Модальности $(, \downarrow$, а также переходы $\bullet \rightarrow \cup$ отражает динамику изменения признака, его постоянство или изменчивость и т.д. При этом:

- целостность образа, описываемого разнородными признаками, обуславливается целостностью Сп;
- непрерывность образа при дискретном восприятии (пауза между восприятиями интерпретируется как частичная свертка) описывается как сохранение не подвергшейся свертке части Сп;
- качественное изменение образа при постепенном изменении признаков объясняется исходя из разнокачественности слоев (свойство 3. 8. и его следствие 1 [58]). Например, совокупность элементов одного слоя, интерпретируется как множество признаков головастика, совокупность элементов другого слоя — как признаки лягушки; изменение качества «головастика» на качество «лягушки» соответствует переходу от первого из них ко второму в ходе непрерывного расслоения⁴;
- различная ценность признаков определяется неравенством потенциалов. Признаки, соответствующие элементам слоев с большими номерами или элементам, образованным в результате их взаимодействий, будут трудноразличимыми и могут не учитываться. Поэтому допустима аналогии между формированием образа и построением фрактального объекта, отбрасыванием членов ряда при суммировании и т.п.;
- динамика распознавания образа соответствует последовательности и временным интервалам его формирования;
- калибровочными инвариантами образов являются РС- диаграммы и расчетные распределения потенциалов; калибровки производятся указанием абсолютного значения потенциала и времени существования элемента первого слоя.

Если Сп предстает как аппарат ТС, то интуитивно обусловленная реакция выражается в его согласованных с воздействиями С и О изменениях, направленных на сохранение связи.

«Физически» это состоит в том, что процесс формирования образа выражается в согласованном с уровнями воспринимающей системы (рис. 2. 5) течением, по принципу «здесь и сейчас» изменении гомеостаза в соответствии с воздействиями среды. Тогда интуитивно обусловленная реакция интерпретируется как *совокупность процессов обмена со средой, направленных на сохранение целостности системы «человек — среда»*. Для оператора это выражает-

⁴ Отметим, что проблема изменения качества вследствие накопления количественных изменений была актуальной еще в глубокой древности. Многие апории элейской школы построены на выявлении возникающих при этом парадоксов.

ся как множество согласованных адаптогенных процессов на психическом, физиологическом и др. уровнях, а для среды — как множество направленных на ее преобразование действий управления.

Отсюда следует, что эти действия совершаются автоматически, неосознанно, без обращения к памяти т.е. «мгновенно», захватывая все уровни взаимодействия. Фактически, здесь даже не решается задача распознавания и принятия решения в ее обычном понимании.

Т. к. интуитивное восприятие начинается с 1-го уровня организации целостной системы, которому не присущи тернарные разделения, в частности разделение времени, то интуитивно обусловленная реакция закономерно обладает упомянутым выше свойством «предвидения».

Поскольку формирование интуитивного образа тесно связано с эмоциональным тонусом, то условием «правильной» интуитивно обусловленной реакции будет его соответствие именно текущей ситуации. Ошибки могут быть связаны только с тем, что оператор «заторможен» и фактически реагирует на какую-либо другую ситуацию (отношения с коллегами, семейные проблемы, боязнь ответственности и т.п.). Поэтому важнейшее значение приобретает эмоциональная настройка (2. 2. 3.), призванная не допустить их вспоминания.

Далее, интуитивный образ может рассматриваться как модель только О, или только С, или по отношению к другому образу. В этом случае ТС разрывается, и отношения Сп и О описываются как внешние расщепления [58, с.104-108], Сп и С — как внутренние расщепления [58, с.108-112], отношения к другим образам — как бинарные граничные операторы [58, с.113-118]. В последнем случае ОМ, в зависимости от сохранения инвариантов и калибровок, будет представлять собой непрерывную или дискретную граничную модель (НГМ или ДГМ соответственно), а Г- операторы — выражать отношения синтеза, анализа, проецирования и тождества между этими моделями [58, с.16-17].

Такая интерпретация отражает процессы запоминания интуитивного образа (возможно, связанного с выделением фрагментов нейронных сетей, как выражения РС- диаграмм, и согласованием проводимости их участков, как выражения калибровок), его преобразования и перевода в долговременную память. Так готовится почва для рефлексов и обдуманных решений.

Модель рефлекса. Схема рефлекторной дуги, показанная на рис. 2. 11б., поясняется следующим образом [108].

Под влиянием раздражителя, воспринятого рецепторами, в коре головного мозга возникают два очага возбуждения — в мозговом отделе анализатора и в корковом представительстве рефлекса. Между ними образуется временная связь по принципу доминанты — замыкание. Доминантный очаг характеризуется повышенной возбудимостью, стойкостью возбуждения, способностью к его суммированию, инерцией; может существовать только один доминантный очаг, выживший при конкуренции. Принято различать первую сигнальную систему, проявляющуюся в рефлексах на любые, кроме слов, раздражители, и вторую сигнальную систему, специфическую для человека, и проявляющуюся в реакциях на слово.

Объектной моделью этой схемы будет РС- диаграмма, показанная на рис. 2. 13. Отметим, что она не захватывает 1-3 уровней и, следовательно, образ, сформированный на основе сенсорных ощущений, не обладает целостностью. Поэтому автоматическая реакция, подобная интуитивно обусловленной, здесь невозможна, и необходим процесс распознавания, включающий обращение к интуитивному образу, восполняющему нецелостность сенсорного. Тогда схема, отражающая интерпретации и отношения интуитивных и сенсорных образов, примет вид:

$$\begin{array}{ccc}
 НГМ_{co} \rightarrow (НГМ_{uo} - НГМ_{od}) \rightarrow НГМ_{рд} & & \\
 \uparrow & & \downarrow \\
 \{ДГМ_{co}\} & \longleftarrow & \{ДГМ_{рд}\},
 \end{array} \tag{2.9}$$

где индексы *co*, *uo*, *od*, *рд* означают соответственно сенсорный и интуитивный образы предмета, образ действия, рефлекс; стрелки — различные Г- операторы.

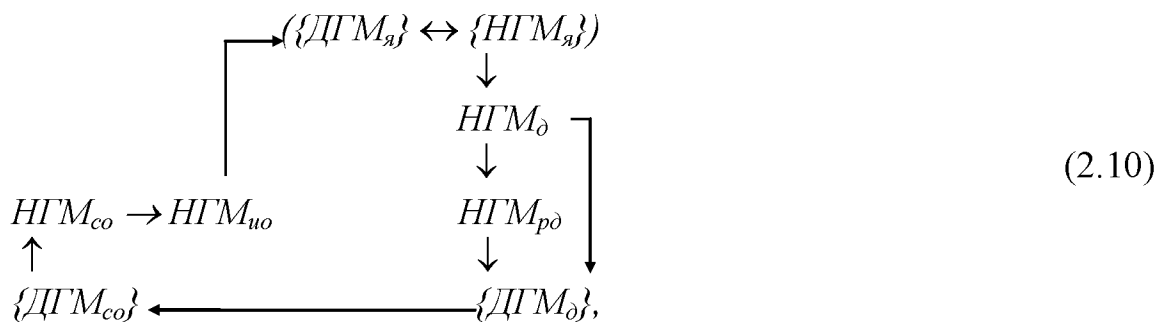
Тогда последовательность распознавания следующая:

1. Фиксация на сенсорных ощущениях изменяет модальности состояния и переводит волну в солитон. Совокупность солитонов 5-го слоя образует {ДГМ} сенсорных ощущений;
2. Операция синтеза {ДГМ} приводит к образованию НГМ в 4-ом слое Сп, что интерпретируется как его свертка (предложение 4. 12., [58]);
3. Генерация целостной модели осуществляется путем проецирования в НГМ интуитивного образа;
4. Симметрия интуитивной модели $НГМ_{uo} - НГМ_{od}$, т.е. образов предмета и действия, позволяет перейти к НГМ рефлекса. Это соответствует установлению замыкания между очагами возбуждения;
5. Проецирование $НГМ_{od}$ в $НГМ_{рд}$ соответствует отысканию в памяти типичной реакции на раздражитель, выраженный как $НГМ_{co}$;
6. Анализ $НГМ_{рд}$ приводит к выполнению набора реакций {ДГМ_{рд}};
7. Наконец, проецирование {ДГМ_{рд}} в {ДГМ_{co}} соответствует восприятию ощущений, возникших в результате изменений ситуации после реакции, замыкает обратную связь в рефлекторной дуге.

Отметим следующие обстоятельства:

- относительно меньшее быстроедействие рефлексов по сравнению со интуитивно обусловленными реакциями объясняется появлением дополнительных операций;
- неуниверсальность рефлексов — ограниченностью количества типичных реакций в памяти, что связано с неполнотой опыта оператора;
- неадекватность действий оператора — неправильным распознаванием, а также отсутствием механизма предвидения. Ошибки синтеза сенсорных образов и их неправильное соотнесение с интуитивными образами устраняются путем тренировки; наличие обратной связи позволяет выбрать правильный образ действий.

Модель принятия обдуманного решения (рис. 2. 14). Существует несколько противоречащих теорий высшей нервной деятельности, лежащей в основе принятия решений [6, 10, 59, 83, 87]. Однако во всех подчеркивается роль речи и словесного кода как важнейшей отличительной особенности. Это положение разделяется автором. Соотношение естественного и формального языков, их интерпретация как НГМ и ДГМ, определено в [58, с.20-23]. Поэтому схема, отражающая процесс принятия решения, имеет вид:



где ДГМ_я и НГМ_я — выраженные словесными кодами языковые модели, НГМ_д и ДГМ_д — модели действий.

Прокомментируем ее.

1. По сравнению с (2.9), добавляются:

- языковые модели, связанные посредством Г- операторов с интуитивными моделями;
 - модели действий, связанные посредством операций проецирования и анализа с языковыми моделями;
 - операции анализа, синтеза, проецирования и тождества между различными языковыми моделями. Таким образом, языковые модели не обладают целостностью, и связь имени объекта и его признаков устанавливается конвенционально.
2. По сравнению с (2.9), ликвидируется непосредственная связь интуитивного образа с выполняемыми действиями.
 3. Процесс принятия решения основывается на операциях с языковыми моделями и приводит к действиям, которые могут базироваться на рефлексных реакциях.
 4. Сознание интерпретируется как объединение ума, воли, эго и их телесных соответствий в противопоставлении с единством среды, т.е. на 3-ем уровне организации. Таким образом, становятся возможными прогнозирование поведения моделей и их бинарная оценка по принципу «хорошо», «плохо» и т.п. Роль сознания заключается в выборе «хороших» моделей и построении соответствующих моделей действий, т.е. принятии решения. При этом однородность словесных кодов и конвенциональность связей обеспечивает возможность сопоставления моделей, соответствующих разным слоям.
 5. Однако однородность моделей служит и источником ошибок (подмена понятий и т.п.) и парадоксов (лжеца и т.п.).

6. Снижение быстродействия обусловлено появлением операций словесного кодирования, а также операций между языковыми моделями. Для оценки времени задержки можно использовать данные [1, 120, 121].
7. Контроль правильности решения осуществляется посредством обратных связей, аналогично (2.9).

2. 3. 2. Оценка прикладных возможностей МРР

Возможности МРР могут оцениваться, во-первых, по показателям, отражающим эффективность решения проблемы сходства, полезности признаков, качества и надежности распознавания, а также адекватности решения. Для этого необходимо иметь устройство, работающее на основе МРР. Пока описан лишь проект основанной на МРР прогностической системы — в 2. 3. 3. Далее, трактовка этих показателей не совпадет с традиционной, ввиду отличия моделей. Соответствующая МРР система показателей приводится ниже.

Во-вторых, возможна относительная, по сравнению с другими моделями распознавания и принятия решения, оценка. Именно она и будет положена в основу соображений о целесообразности построения рекомендаций по улучшению распознавания на основании конкретной модели.

Ввиду многочисленности моделей распознавания и принятия решения [17], проведем сравнение только с некоторыми, имеющими сходство с МРР.

Перцептрон — устройство, моделирующее гипотетические механизмы функционирования человеческого мозга — предложен Ф. Розенблаттом. Он представляет собой сеть, состоящую из связанных между собой трех типов элементов: чувствительных, ассоциативных и выходных. Чувствительные элементы случайным образом соединены с ассоциативными. Последние, посредством связей с переменными в процессе обучения коэффициентами усиления — с выходными элементами, суммирующими реакции ассоциативных элементов на предъявляемые изображения так, что можно определить их принадлежность различным образам. Свойства перцептронов определяются структурой и алгоритмами генерации и распространения сигналов и управления свойствами сети. Отмечаются некоторые аналогии алгоритмов с идеями метода группового учета аргументов [17]. Доказаны теоремы о существовании решения классификационной задачи и о сходимости процесса обучения.

Структурные методы распознавания образов основаны на использовании лингвистических конструкций, состоящих из словарей и формальных грамматик. Процесс распознавания включает стадии предобработки (кодирование, аппроксимация, фильтрация, улучшение изображения), описания (сегментация и выделение непроектируемых элементов, для чего обычно используются графы специальных видов), синтаксического анализа (проверка соответствия синтаксической правильности описания изображения заранее определенной грамматике образа; эта грамматика определяется в процессе обучения; дерево грамматического разбора также часто представляется в виде графа).

Моделирование принятия решения на основе аппарата растущих пирамидальных сетей [28]. В этом случае алгоритм принятия решения представляется в виде взвешенного ориентированного графа специального вида — растущей пирамидальной сети,— отражающей последовательность и вероятность выбора из возможных альтернатив.

Налицо определенное сходство со средствами МРР — использование сетей, графов, формальных языков и т.д. Укажем основные отличия.

А. Сравнимые методы являются алгоритмами построения и обработки моделей, тогда как волновая модель (и ОМ) является и моделью, и аппаратом интуитивной настройки.

Б. Сравнимые методы основаны на классических теориях множеств, операций, преобразований и применении формальных средств описания (подпадающая под ограничения, рассмотренные в [58, с.5-41]), тогда как аксиоматика Вм Сп, теории С- множеств и операций построены так, чтобы выйти за рамки этих ограничений посредством реализации условий дополненности [58, с. 42-66]. Формальные средства описания и классические преобразования могут применимы лишь ограничено, с точностью до определенных инвариантов.

Эти отличия и обуславливают разницу в областях применения сравниваемых моделей и МРР:

1. *Что именно моделируется?* Для сравниваемых моделей — процессы отнесения изображений (состояний рецепторов, интерпретируемых как световые, звуковые и т.д. восприятия объекта) с определенными образами и принятия решений, обусловленных достижением заданной цели управления. Для МРР — процессы, ведущие к сохранению целостности Сп, нарушаемой в результате внешних воздействий;

2. *Какова связь с процессами деятельности оператора?* Для сравниваемых моделей — только с отдельными этапами единого процесса (отсутствует модельная связь с процессом восприятия и действиями управления); МРР же является компонентом единой модели деятельности оператора в рамках МЧС;

3. *Моделируются ли все механизмы распознавания и принятия решения?* Для сравниваемых моделей — нет (акцент делается на исследование деятельности только мозга (перцептроны) или алгоритмы обдумывания (РПС) и т.д.); прогноз поведения системы основан на динамике поведения моделей. Для МРР — да — исследуется взаимосвязь всех известных форм распознавания и принятия решения как фаз единого процесса; прогноз основан как на динамике моделей, так и на динамике формирования образа.

Отсюда следует, что МРР более универсальная модель, лучше соответствующая рассматриваемым процессам. Поэтому рекомендации по совершенствованию распознавания и принятия решения следует строить на ее основе.

Рассмотрим, как решаются проблемы компактности, сходства и т.д.

1. **Проблема компактности образа** трактуется как обеспечение его целостности: если формирование образа происходит по сценариям (1.13-1.15), а для отдельных изображений, рассматриваемых как С- множества и С- элементы различных слоев, распределение потенциалов и других независимых характеристик соответствует расчетным, то они принадлежат целостному образу.

2. **Мера сходства изображений** определяется абсолютной величиной разности между фактическими и расчетными значениями независимых характеристик для каждого из изображений с учетом *полезности учитываемых признаков* (т.е. фактически отражает степень несходства изображений). Она выражается в относительных, или, после калибро-

вок, в абсолютных единицах. Для каждой из независимых характеристик может быть подсчитана своя мера сходства. Таким образом, она зависит от сохраняемых в ходе построения ОМ инвариантов.

Пусть, например, два изображения относятся к пятому слою, и одно из них характеризуется 4-мя признаками с потенциалами, равными 8 условными единицами, а второе — 5-ю признаками, потенциалы 3-х из которых равны 8, а оставшихся — 5 единицам. Тогда отклонение от расчетных значений составит:

- для первого изображения: $23*(4*8-23)=207$;
- для второго изображения: $23*(3*8+2*5-23)=253$,

где коэффициент 23 отражает относительную ценность признаков 5-го слоя (2. 2.). Отсюда, мера сходства: 46.

3. **Информативность изображений** определяется послойно; ценностно-новская оценка информативности не должна распространяться за пределы одного слоя (следствие 1 свойства 3. 8. [58]). Так может быть получена оценка изображения как модели, но не как аппарата ТС; в этом случае информационная оценка лишена смысла.
4. **Надежность и качество распознавания и адекватность решения** оцениваются статистически, по отношению числа правильных распознаваний и решений к общему их количеству.
5. **Корректность кодирования** оценивается по способности сохранять калибровочные инварианты и калибровки.

Например, если рассматривать построение объектной модели С- пространства как процесс кодирования, рассмотренные в [58, с.104-118] возможности сохранения инвариантов и калибровок различными преобразованиями позволяют оценить ее корректность.

2. 3. 3. Практические рекомендации

Вначале сформулируем общую рекомендацию:

2. 19. *Информационная и управляющая подсистемы должны обеспечивать возможность восприятия информации и действий управления в формах и последовательности, специфических для интуитивно обусловленных реакций, рефлексов и обдуманных решений.*

Рассмотрим временные интервалы, характерные для каждого из этапов⁵.

1. Для интуитивного восприятия и интуитивно обусловленной реакции верхним пределом длительности является период между появлением и сенсорным восприятием сигнала. За это время не успевают «включиться» рефлекс и механизмы обдумывания. По данным [120], сюда входит скачок зрачка — 0.025 с. (настройка органа слуха на восприятие звука данной частоты и громкости и т.д.) 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.

⁵ Продолжительность интервалов зависит, среди прочего, от способа представления данных (алфавитно-цифровая, условные знаки, включение цветового индикатора и т.д.).

2. Очередь рефлекса наступает после восприятия информации, т.е. через 0.25-0.65 с. и перед началом обдумывания. Например, после появления на табло надписи «Опасность», через 0.28 с. (время фиксации загорания индикатора [120]) начнется первое из проработанных на тренировках действий.

3. Время обдумывания решения определяется скоростью приема и переработки информации, составляющей, для разных рецепторов, 0.1-5.5 бит/с., плюс время фиксации. В приведенном выше примере оно складывается из $0.025+0.28+0.31$ с. (время фиксации для алфавитно-цифровой формы подачи информации), плюс времени чтения и осмысления текста, плюс времени вспоминания инструкции типа «перевести рычаг № 8 в положение 1».

Отсюда следует такое уточнение 2. 19.:

2. 20. *Информационная и управляющая подсистемы должны обеспечивать подачу данных и проведение действий управления в темпе, соответствующем каждому из этапов распознавания и принятия решения.*

Во всех перечисленных случаях необходимо вносить поправку на «заторможенность» оператора, учитывая концентрацию его внимания, степень «врабатывания», усталость, а также быстроту и скоординированность реакции.

Далее, анализ ошибок оператора в экстремальных ситуациях, в частности, приводящих к летным происшествиям и катастрофам [67, 68, 83, 84, 113, 114, 128-131], показывает существенную — если не основную роль — несогласованности и неправильного выбора ведущего механизма принятия решения.

Например, катастрофа ТУ-154 в Омске при заходе на посадку в сложных метеоусловиях произошла вследствие столкновения со снегоочистительными машинами. При этом командир различал нечеткие контуры на посадочной полосе, интуитивно воспринимаемые как опасность. Правильной реакцией (интуитивно обусловленной) был бы заход на второй круг с последующим выяснением сложившихся 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.

Вообще, завершающие, наиболее сложные этапы полета, требуют тончайшей координации различных форм восприятия, распознавания и принятия решения. Так, погашение отклонений от глиссады и удерживание допустимых значений вертикальной скорости обладающего большой инерцией и быстро движущегося самолета требуют согласованности реакций на показания приборов и команды диспетчера, вестибулярные ощущения, предстоящие события. Прогноз осложняется тем, что эти отклонения представляют собой незаконномерные колебания, а показания приборов и команды диспетчера отстают от динамики их развития [91, с.160]. Поэтому следование только им и игнорирование других ощущений не гарантирует «мягкой» посадки.

Поэтому необходимы дополнительные уточнения:

2. 21. *Информационная подсистема должна обеспечивать свободное переключение режимов распознавания и принятия решения в зависимости от обстоятельств и обладать качествами прогностической системы.*

2. 22. *Необходима проработка способности незаторможенного перехода к интуитивно обусловленным действиям в ходе тренировок оператора.*

Задача 2. 3. *Эскиз прогностической человеко-машинной системы.*

Постановка. Возможность прогноза развития ситуации зиждется на знании законов, в частности, циклов смены развития и упадка, а также влияния внешних факторов. В этом смысле, волновая модель С- пространства является прогностической системой, поскольку позволяет рассчитывать как период и время существования волн, принадлежащих разным слоям, так и, посредством условий целостности, их согласованность друг с другом. Смена модальностей состояния позволяет моделировать тенденции развития внутри цикла, а расщепление или свертка — направленность развития всей системы. Поэтому конструкция прогностической системы сводится к определению адекватной технической реализации.

Решение.

1. Структура системы принимается в виде сети, соответствующей по топологии одному из сценариев (1.13-1.15), т.е. строится OM_2 . Сеть развивается так, чтобы количество вершин соответствовало числу элементов нескольких первых слоев Сп. При этом следует иметь в виду, что чрезмерное увеличение числа элементов не приводит к увеличению точности прогноза, поскольку становится труднее различать сигналы в вершинах;

2. Вершины соединяются проводниками, проводимость которых подобрана таким образом, чтобы имитировать передачу в вершины потенциалов, соответствующих расчетным значениям (последние могут имитироваться величинами напряжения, заряда и т.п.);

3. Эти величины преобразуются в графические символы, форма, цвет и динамика которых должны передавать тип элементов (\cup или \bullet), их отношения (\parallel или \perp), фазу, а также модальность состояния ($(,)$, \downarrow) так, чтобы последовательность их появления образовывала композицию, соответствующую структуре и эволюции прогностической системы;

4. Роль человека сводится к двум функциям:

- настройка системы — интуитивный или по имеющимся данным выбор сценария, цветовой палитры, начальных потенциала и периода. Это обеспечит целостность системы на входе и ее масштабирование;
- интуитивная интерпретация изображений, состоящая в ее привязке к конкретным событиям, наборам их характеристик, тенденциям и длительности развития, согласованности циклов. Это обеспечивает целостность системы на выходе и ее калибровку.

Таким образом, прогностическая система поможет визуализировать, ускорить и расшифровать интуитивные восприятия происходящих событий.

Комментарии. Проведем еще одно сравнения с перцептронами:

А. В отличие от перцептрона, каждый из элементов может рассматриваться как сенсорный (потенциал и период на входе), ассоциативный (расчет распределения характеристик) и выходной (представление характеристик). Ре-

акцию системы представляет совокупность всех показателей, более разнообразных, чем для перцептрона.

Б. Связи между вершинами и их характеристики могут быть как упорядоченными и рассчитываемыми (сценарий 1.13), так и имитирующими, до некоторой степени, случайность и неупорядоченность распределения характеристик (сценарий 1.15). Неопределенным может быть также число слоев. Это позволяет точнее настраиваться на особенности ситуации.

В. Прогностическая система — целостная человеко-машинная система; обучение, настройка и интерпретация относятся к функциям человека. Перцептрон и экспериментатор не образуют целостной системы.

Указанные обстоятельства позволяют надеяться, что прогностические системы, построенные на основе волновых моделей С-пространства, будут отличаться большей точностью, чем системы, использующие в качестве одного из компонентов перцептроны.

2. 4. Действия управления

Биомеханика движений, лежащих в основе управляющих действий [1, 116, 117, т.5, гл. 1-3, 120], хорошо изучена. Определены антропометрические характеристики (с дифференциацией по расовым, возрастным, половым группам), пространственно-временные и силовые характеристики простых и сложных движений, включая построение зависимостей от степени утомления. Геометрические модели применяются для представления статистических данных [50, 66], отображения движений [45, 104], оценке эффективности и надежности [30]. Их применение содействует поиску решений, позволяющих снизить вероятность ошибочных действий и тем самым повысить безопасность управления.

Однако не все резервы исчерпаны. Дополнительный эффект может быть получен за счет улучшения совместимости, в частности, посредством:

- усиления зависимости действий управления от последовательности, формы и скорости подачи информационных сообщений;
- согласования управляющих действий, являющихся результатом обдуманных решений, с условными и безусловными рефлексам и интуитивно обусловленными реакциями оператора;
- управления психоэмоциональным состоянием оператора и согласованием с ним управляющих действий.

2. 4. 1. Связь управления с восприятием, распознаванием и принятием решения

Модель управления (МУ). В случае взаимодействия одного оператора с одной информационной подсистемой, соотношение управления с другими компонентами должно вытекать из (1.13). В других случаях целесообразно сводить соотношения к последовательности (1.13), с учетом «пропускной способности» оператора. Исходя из этого положения, МУ и ее связи будут выражаться схемой, показанной на рис. 2. 15. Прокомментируем ее.

1. *Реализация связей, вытекающих из функциональной симметрии «оператор — система управления».* Поскольку функциональная симметрия наблюдается на всех уровнях организации, то обменные процессы, направленные на сохранение целостности системы, в форме связей «оператор — подсистема управления» также должны прослеживаться на всех уровнях.

Таким образом, связи оператора и оборудования должны быть реализованы посредством серий движений конечностей и пальцев (сплошные линии на рис. 2. 15) и соответствующих органов управления. Их и будем считать *действиями управления*⁶.

2. *Реализация связей «психика — тело».* Эти связи обозначают переход от принятия решения к действиям управления. При этом их последовательность должна соответствовать последовательности решения, а отдельные серии движений должны быть одинаковыми независимо от задействованной формы принятия решения.

Недопустимо, например, чтобы тренируемая в ходе обучения реакция на какой-либо сигнал (условный рефлекс) противоречила безусловному рефлексу или интуитивно обусловленной реакции — в этом случае в критических ситуациях неизбежны ошибочные действия.

Органы управления должны быть приспособлены к соответствующим двигательным реакциям.

Графы, подобные показанному на рис. 2. 15. (для сценариев 1.14 и 1.15 они будут более сложными), — еще не МУ. Для того чтобы придать им свойства модели, необходимо предметно определить вершины как совокупности средств управления, необходимых для выполнения действий управления, а ребра представить как вероятностные и функциональные характеристики, отражающие время совершения и вероятность безошибочности управляющих действий. Полученный предметно-функциональный стохастический граф служит основой для оценки эффективности труда оператора [30, 104, 115].

3. *Реализация связей, вытекающих из симметрии информационной и управляющей 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 пределы показывается как смещение маркера, нарушающее уравнивание композиции СОИ (рис. 2. 16.). В этом случае направление движения управления должно соответствовать перемещению маркера, восстанавливающего равновесие. Именно такой будет здесь интуитивно обусловленная реакция [7], и таким же должен быть условный рефлекс. Движение же например, в горизонтальном или круговом направлении, неприемлемо, поскольку входит в противоречие с интуитивно обусловленной реакцией, и это будет приводить к ошибкам и задержкам.

⁶ Другие подходы, например, попытки увязать управляющие команды с движением глаз оператора, пока не вышли за стадию экспериментов. Что же касается речевых команд, то соответствующие системы управления, при подходящих условиях, являются перспективными.

Таким образом, информационная система должна подсказывать, какие действия управления необходимо предпринять в конкретной ситуации, и эта подсказка должна соответствовать визуальному и эмоциональному образу целостной системы. В первом случае это соответствует уравновешенности и гармоничности композиции, во втором — применению символов и цветовой гаммы, создающих необходимый эмоциональный тонус.

2. 23. Информационная и управляющая подсистемы должны быть согласованы между собой и организованы таким образом, чтобы:

- форма подачи сообщений создавала визуальный образ целостной системы посредством уравновешенности композиции и подбора символов и окраски, позволяющих поддерживать необходимый эмоциональный тонус оператора (спокойствие, удовлетворенность);
- отклонение параметров от допустимых значений должно изображаться как нарушение уравновешенности и изменение окраски и символов (ассоциируемых с беспокойством, тревогой);
- действия управления должны быть направлены на восстановление уравновешенности композиции, первоначального вида символов и эмоционального тонуса;
- расположение и техническое решение органов управления (ОУ) должно быть увязано с формой подачи информационных сообщений.

МУ, построенная с учетом данных рекомендаций, рассматривается как «эргономически оптимальная» и применяется в качестве эталона, определяющего цель проектирования систем управления с учетом дополнительных факторов (3-я глава).

Органы и движения управления. Наиболее часто применяются: штурвал, кривошипная рукоятка, поворотная рукоятка, поворотный селекторный переключатель, частично утопленная рукоятка, шар трассирования (трекбол), джойстик, рычаг, коленчатый переключатель, клавиша, наборный диск, педаль, движок, кнопка, ползунок, сенсорная кнопка. Приведем эргономически обоснованные рекомендации относительно совместимости функций и движений управления (табл. 2. 5) и безопасных расстояний между органами управления (табл. 2. 6). По данным этих таблиц (см. также ГОСТы 22.613-77 — 22.615-77) подбираются органы управления, соответствующие 2. 23., и производится калибровка с целью определения абсолютных размеров зон их размещения (3. 3.).

Таблица 2. 5. Рекомендуемые движения управления [117, т.5, гл. 8].

| Функции | Движения |
|------------|--------------------------------|
| включение | вверх, вправо, вперед, нажатие |
| выключение | вниз, влево, назад, отжатие |
| вправо | вправо, по часовой стрелке |
| влево | влево, против часовой стрелки |
| вверх | вверх, назад |
| вниз | вниз, вперед |

| | |
|------------|---|
| сокращение | назад, нажатие, против часовой стрелки, вверх |
| расширение | вперед, отжатие, по часовой стрелке, вниз |
| увеличение | влево, вверх, вперед |
| уменьшение | вправо, вниз, назад |

Таблица 2. 6. *Безопасные расстояния между ОУ [117, 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 |
| рукоятка | рука | 25 | 50 |
| поворотный селекторный переключатель | рука | 25 | 50 |
| педаль | нога | 50 | 100 |

2. 4. 2. Практическое применение модели управления

Оценка эффективности труда операторов. Как уже отмечалось, МУ допускает использование существующих оценок эффективности. Например, в [104, с.5], для этого вводится мера производительности труда оператора П:

$$П = P_n / \left(\sum_{j=1}^{\alpha} t_{pj} + \sum_{j=1}^{\beta} t_{nj} \right), \quad (2.11)$$

где P_n — вероятность безошибочного выполнения всех действий, выражение в скобках — суммарные затраты времени, складывающиеся из времени, затраченного на выполнение α рабочих и β подсобных (движение руки, взгляда и т.п.) операций.

Анализ (2.11) позволяет наметить пути увеличения производительности (сокращение времени подсобных операций, уменьшение длин ребер исходного графа, т.е. совершенствование компоновки). Для определения параметров необходимы натурные эксперименты. Однако, при большом числе вариантов, рассмотрены могут быть не все из них, и нет гарантии, что это будут действительно лучшие. Мера непосредственно не увязана с процессами восприятия, распознавания и принятия решения, что не позволяет выделить в ходе проектирования варианты, соответствующие 2. 23., тем самым сократив число альтернатив. Поэтому представляется целесообразным ввести «относительные» оценки, позволяющие обосновать выбор проектных решений и сократить число экспериментов.

1. Введем меру отклонения M_o от С- графа модели управления (отклонения могут быть обусловлены технологическими и т.п. соображениями), отражающую неоптимальность компоновки системы управления:

$$M_o = \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I (|n_{ij} - n_{\Phi ij}| k_i), \quad (2.12)$$

где L и M — количество систем управления и операторов, I — число слоев Сп, соответствующего компоновочной схеме, n и n_{ϕ} — расчетное и фактическое число элементов каждого из слоев, k_i — весовой коэффициент, пропорциональный потенциалу элементов данного слоя (может приниматься равным расчетному потенциалу в условных единицах).

M_0 позволяет отбросить заведомо неэффективные варианты компоновки, не прибегая к натурным экспериментам.

2. *Мера эффективности* действия M_e , отражающую степень влияния данного действия на предотвращение нежелательного развития ситуации:

$$M_e = |N - N_n|, \quad (2.13)$$

где N — количество совершенных для предотвращения аварии действий, N_n — количество действий, необходимых для предотвращения аварии, на следующем этапе неблагоприятного 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 излишков топлива, перекрывается кран подачи, перекрывается кран слива (3 действия); тогда $M_e=2$.

M_e , косвенно связанная с процессами восприятия, распознавания и принятия решения, позволяет предварительно оценить ЭС в целом.

3. *Мера согласованности* M_c показывает совпадение действий, соответствующих разным этапам принятия решения. Предлагается оценивать согласованность всех действий коэффициентом 1, интуитивно обусловленной реакции и рефлекса — 0.9, рефлекса и обдуманного решения — 0.8, несогласованность — 0.5. M_c позволяет предварительно оценить вероятность ошибочных действий, возникающих вследствие несогласованности решений.

Задача 2. 4. *Пример создания системы отображения информации и управления в соответствии с 2. 23.*

Постановка. Пусть необходимо контролировать и соотношение, пределы изменения 3 параметров. Необходимо предложить техническое решение, скомпоновать систему и предварительно оценить ее эффективность.

При проектировании реальных, более сложных, систем следует руководствоваться и общими положениями, и конкретными нормативами ГОСТов 21.480-75, 21.829-76, 29.05001-82, ISO 11428:1996, используя последние для проведения калибровки (задачи 1. 3.-1. 5.).

Решение.

1. Выбор информационных кодов. Соотношение параметров предлагается показывать посредством равностороннего треугольника; значение — в виде его вершин. Пределы соотношения — как две окружности, между которыми располагаются вершины (рис. 2. 17а). Пределы изменения абсолютных значений параметров — как границы поля, в пределах которого находятся треугольник и окружности. При прямоугольной форме поля и двумерном представлении данных, левая и верхняя и правая стороны поля градуируются в

единицах измерения первого, второго и третьего параметров. Начала отсчета (нулевые отклонения) располагаются в середине сторон (рис. 2. 17б). Градуировка производится таким образом, чтобы при нулевых отклонениях треугольник располагался в центре поля. *Обоснование.* Длительность зрительной фиксации простых фигур минимальная из всех возможных форм представления информации [120]; поскольку для управления нет необходимости знать численные значения параметров, эта форма представления данных представляется оптимальной. Выбор символа представления данных и его расположение в центре композиции создает ощущение, которое можно определить как «гармония», «стабильность», «уравновешенность», и оно служит эмоциональным сигналом, указывающим на нормальную работу системы. Отметим возможность применения в тех же целях антропоморфных и зооморфных символов (4. 1.).

2. Выбор окраски символа и фона. Предлагается окрашивать стороны и вершины треугольника в чистый ярко-желтый цвет, окружности — в красный, фон, при нормальной работе системы, — в сине-зеленый цвет. *Обоснование.* Цветовая палитра базируется на устойчивых ассоциациях, связанных с цветами светофора: сине-зеленый фон успокаивает и указывает на нормальную работу; ярко-желтый привлекает внимание и не дает ему рассеяться, красный указывает на опасность и способствует мобилизации внимания оператора. Возможно применение других кодировок в соответствии с [22, 93, 113, с. 105]. В реальном проектировании необходимо учитывать изменение восприятия цвета при освещенности различными источниками (табл. 2. 1., см. также [113, табл. 19]). Цветовое кодирование целесообразно также использовать в целях сокращения информационного обмена. Такие предложения рассматривались в [11, 59].

3. Представление динамики изменения данных. Изменение значения того или иного параметра представляется как перемещение соответствующей вершины треугольника; изменение всех параметров — как его перемещение; изменение соотношения параметров — как изменение формы треугольника. Выход за пределы соотношения параметров показывается как выход вершин за внешнюю или внутреннюю окружность; выход за пределы допустимых абсолютных значений параметров — как выход за пределы поля. Изменение значений параметров дублируется изменением фона — яркости (первый параметр), смещением в зеленую сторону (второй), смещением в синюю сторону (третий). *Обоснование.* Изменение фона создает ощущение типа «что-то неблагополучно», что настраивает оператора на необходимость вмешательства. Характер управляющих действий подсказывается нарушением равновесия композиции вследствие перемещения и изменения формы треугольника. Сила действия определяется искаженностью композиции и контролируется окружностями.

4. Управляющие действия. Необходимо переместить треугольник в центр поля, «исправить» его форму и поместить все вершины между окружностями (рис. 2. 17в.). *Обоснование.* Интуитивно обусловленная реакция на нарушение композиции будет именно такой [7]; обдуманное решение приведет к

тем же действиям; тренировка оператора также должна быть согласована с ними. Поэтому вероятность ошибок здесь минимальна.

5. Определение размеров рассматривалось ранее (задачи 1.3- 1.5).

6. Выбор технических решений. В качестве информационного табло следует использовать монитор, позволяющий настраивать цветовую палитру и удовлетворяющий необходимым требованиям по разрешающей способности и уровню излучений. В качестве *органа управления предпочтительнее использовать устройство типа «светового пера»*, позволяющее позиционировать и перемещать вершины треугольника и треугольник в целом. Удобно закрепить небольшое и легкое световое перо на указательном пальце оператора, что позволит сэкономить время на подсобных операциях. Программное обеспечение, помимо отображения вышеописанного изменения параметров, должно позволять обрабатывать все управляющие действия, генерируя необходимую реакцию оборудования, а также давать возможность производить настройку.

Предварительная оценка.

1. Определение меры отклонения. Система (1) включает информационную и управляющую подсистемы (2), отображает и управляет тремя взаимосвязанными характеристиками (3). Эти количества соответствует расчетным, поэтому M_o , подсчитанная согласно (2.12), равна нулю.

2. Определение эффективности. Система позволяет заблаговременно предпринимать действия, направленные на недопущение аварии. Поэтому она является эффективной (подсчитать M_e нельзя, ввиду отсутствия необходимых данных из-за демонстрационного характера примера).

3. Определение меры согласованности. Поскольку интуитивно обусловленная реакция, рефлекс и обдуманное решение приводят к одним и тем же действиям, $M_c=1$.

Вывод. По предварительным оценкам, система, организованная согласно 2. 23., удовлетворяет требованиям эффективности и надежности. Для более точной оценки необходимы данные и методики, приведенные в [30].

3. Проектирование ИСОИ и ОУ

Оптимизации подлежит не только окончательное решение систем отображения информации и управления, но и сам процесс их проектирования. Причем, несмотря на то, что основное внимание уделяется проектированию ИСОИ и ОУ, область применения изложенных ниже положений значительно шире, поскольку при планировке помещений, компоновке рабочих мест, создании интерфейса производятся аналогичные операции:

- сбора и анализа предварительной информации;
- генерации проектных решений;
- оценки и выбора оптимального, в некотором смысле, варианта;
- документирования;
- проведения окончательной экспертизы и натуральных экспериментов, являющиеся своего рода инвариантом. Для некоторых из них, например, документирования, в настоящее время имеются развитые средства автоматизации, и проблема сводится к выбору наиболее подходящих к конкретной ситуации¹. Наиболее творческими и наименее формализуемыми операциями остаются: генерация возможных вариантов, решение оптимизационной задачи и экспертиза окончательного решения. Они и будут рассмотрены в первую очередь.

Положительный эффект может быть достигнут, если удастся ограничить число рассматриваемых вариантов, сохранив в их числе потенциально наилучшие (сокращение потребности в ресурсах и времени), и теоретически обосновать, что выбранный действительно является наилучшим (сокращение числа экспериментов). Для этого необходимо иметь:

- обоснованную цель проектирования и эвристики, позволяющие генерировать соответствующие цели варианты решений;
- взвешенные оценки разнородных показателей;
- алгоритмы сравнения вариантов;
- систему и процедуру оценок окончательного решения.

Их обоснование и будет основной целью данной главы.

3. 1. Проектирование как формирование ОМ

Для достижения этой цели необходим «психологический» взгляд на процесс проектирования², состоящий в следующем.

Творческие аспекты проектирования рассматриваются как акт интуитивного познания. Он, в свою очередь, интерпретируется как установление тер-

¹ Внимания заслуживают не только крупные системы, такие, как АВТОКАД и т.п., но и гораздо менее требовательные к ресурсам и обладающие достаточной функциональностью компактные пакеты, например, INTEAR [99].

² Терминологическое сходство с т.н. «проективными методами» психологии (4. 1.) отнюдь не случайно.

нарной связки между субъектом и объектом проектирования. При этом Сп понимается как граница, формирование которой обуславливает выделение проектируемого О из состава У и, одновременно, его отделение от С. По мере самоорганизации Сп, этот объект приобретает все более развитые наборы разнокачественных характеристик.

В силу двойственности [58, с.14-17], Сп является не только аппаратом ТС, но и моделью С и О: Сп целостно, а имеющиеся в его составе согласованные $Сп^+$ и $Сп^-$ могут быть интерпретированы в соответствии с (1.13-1.15) как человеческий и машинный компоненты ЭС. Поэтому его структура соответствует схеме ЭС (рис. 1. 7) и представляет собой ее модель.

Таким образом, проектирование есть непрерывное интуитивное формирование Сп и «сотворение» его объектной половины — машинных компонентов ЭС — исходя из целостности Сп и их собственной согласованности в рамках $Сп^-$, выражаемый следующей схемой:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \uparrow \\
 \{OM\} \\
 \downarrow
 \end{array} \\
 U \rightarrow (C \rightarrow Cn \rightarrow O) \\
 \begin{array}{c}
 \downarrow \uparrow \\
 Ц,
 \end{array} \\
 \uparrow
 \end{array}
 \end{array}
 \tag{3.1}$$

где Ц - цель проектирования.

Отметим, что влияние проектируемого, а не уже существующего О, на формирование Сп осуществляется посредством ОМ, а также изменения С. Документированные результаты, отражающие этот процесс, предстают в виде инвариантов и калибровок волновой и объектных моделей Сп.

Этот подход не отрицает, а дополняет традиционное — недвойственное — понимание проектирования; он опирается на существующие методики и нормативные данные, без привлечения которых невозможна калибровка ОМ.

Каждый из этапов проектирования, по своим преимущественным особенностям, может быть сопоставлен с процессом восприятия, распознавания, принятия решения и управления. Но и взятый сам по себе, включает те же акты. Эти особенности позволяют использовать модели операторской деятельности рекомендации в целях описания процесса проектирования.

3. 1. 1. Операции проектирования и объектные модели

Последовательность и взаимосвязь основных этапов проектирования представлена в виде блок-схемы на рис. 3. 1. Кратко прокомментируем ее особенности, имея в виду в следующих разделах подробнее остановиться на характеристике ключевых блоков.

0. Поскольку задачи совершенствования управления рассматриваются на основе геометрических моделей, то и блок-схема описывает последовательность решения геометрических задач (как в обычном смысле — компоновка, определение размеров и т.п., так и с учетом возможностей объектных моделей

— управление состоянием оператора, оптимизация информобмена и т.п.) и не отражает последовательности операций расчета, например, теплофизических, энергетических и пр. характеристик, конструирования и технологической подготовки производства.

1. Целью сбора и последующего анализа информации является представление ее в виде, удобном для настройки на интуитивное восприятие (например, в форме РС- диаграмм и т.п.), а также определение данных для выполнения необходимых калибровок.

Итак, здесь происходит формирование первичной объектной модели. Техника ее использования в ходе настройки рассматривалась на с. 47-48.

Возврат к этому этапу возможен из любого блока, поскольку не всегда можно заранее установить, какая информация потребуется для выполнения проектных операций.

2. Основным средством генерации вариантов компоновки является интуитивное познание. Соответственно, этот блок интерпретируется как последовательность актов интуитивного восприятия и распознавания и формирование одного или нескольких целостных образов (2. 2. и 2. 3.). «Подсказкой», позволяющей упорядочить этот процесс, являются РС- диаграммы, соответствующие сценариям (1.13-1.15) для различных вариантов взаимодействия операторов и устройств. Сказанное не исключает и других обоснований выдвигаемых компоновочных схем — действий по аналогии с существующими образцами, исходя из личного опыта проектировщика и т.д.

Инвариантами здесь будут различные сценарии самоорганизации, а их ОМ — С- графы, РС- диаграммы и др. модели, позволяющие выразить распределение и принадлежность компонентов слоям Сп.

3. Целью оптимизации на данном этапе является максимально полное, насколько позволяют технологические ограничения, удовлетворение условиям целостности сравниваемых компоновочных схем. Весовые коэффициенты определяются отдельно для каждого слоя. Целевая функция (ЦФ) отражает отклонение топологии схем от условий целостности. Инварианты и модели такие же, как и для предыдущего блока.

4. Здесь продолжается отбор вариантов исходя из результатов проверки на выполнение условий целостности, но уже не топологических, а по соответствию расчетному распределению потенциалов. Весовые коэффициенты, свои для каждого слоя, и ЦФ отражают отклонение фактического распределения потенциалов от условий целостности.

Инвариантом является распределение потенциалов. ОМ на выходе строится таким образом, чтобы соответствовать ему посредством относительных размеров зон размещения и элементов.

5. Определение размеров интерпретируется как серия калибровок, привязывающих относительные размеры элементов и зон размещения к антропометрическим характеристикам, условиям надежного восприятия и т.п. Отобранные варианты проверяются по условиям техники безопасности. ЦФ выражают отклонение фактических размеров от расчетных. Здесь инвариантами

являются абсолютные размеры компонентов, что и должна выражать выходная ОМ.

Блоки 3-5 сопоставляются с принятием решения и моделируется на основе МРР. Они завершают первый цикл проверок субъективных (Sp^+) моделей по объективным (Sp^-) критериям, таким, как условия безопасности и т.п.. Отметим, что поскольку условия целостности определяются для геометрических форм, то в целом они соответствуют 4-му уровню организации системы и при сопоставлении и другими характеристиками должны умножаться на соответствующий весовой коэффициент.

6. Управление состоянием оператора включает комплекс мероприятий, направленных на компенсацию эмоциогенных факторов, поддержание alertности нервной системы оператора и обеспечение комфортных условий по температуре, вибрациям и т.п. Соответственно, здесь применяются различные ОМ, МВ и МРР. При их сравнении между собой и с полученными на предыдущей стадии решениями, должны применяться соответствующие весовые коэффициенты. Условия целостности проверяются, в основном, для 5-8 уровней организации системы. Результирующая ОМ представляется в виде чертежей, пояснительных записок и натуральных моделей.

7-8. Оптимизация информационного обмена и управления имеет целью его сокращение, а также приведение формы подачи сообщений в удобную для обработки форму, а управляющих действий — в соответствие с интуитивно обусловленными реакциями и рефлексам. Применяются МВ и МУ; в результирующих ОМ возрастает доля натуральных моделей.

9-10. Целями натуральных экспериментов являются:

- проверка правильности действий оператора и их соответствие реальным временным ограничениям;
- выдача (наряду с показаниями п.п. 6-8) рекомендаций по улучшению подготовки и контроля операторов;
- сравнение эксплуатационных показателей с показателями существующих образцов.

По результатам экспериментов возможна коррекция проектных решений.

Девятый и десятый блоки продолжают цикл проверки моделей Sp^+ по объективным показателям. После коррекций с учетом прочностных, теплофизических и др. факторов, разработка компонентов Sp^- завершается изготовлением промышленного образца эргатической системы.

11. Производится экспертная оценка эргономичности системы.

Стоимостная оценка (S). Полный расчет экономической эффективности эргатической системы включает: определение эффективности усовершенствований технических компонентов [70, 76], инженерно-психологических мероприятий [101, с.148-165] и производственной среды [37] и является сложной задачей. Введем упрощенную оценку, включающей следующие показатели [56]:

$$S = S_s + S_e(t) + S_a(t), \quad (3.2)$$

где S_s - стоимость системы, включающая затраты на проектирование и изготовление оборудования, а также обучение операторов; $S_e(t)$ - эксплуатационные расходы за время t ; $S_a(t)$ - расходы на ликвидацию последствий аварий, при естественном условии

$$t \leq T, \quad (3.3)$$

где T - период эксплуатации системы.

В свою очередь, затраты на проектирование S_p включают

$$S_p = s_1 + s_2 + s_3 + s_4, \quad (3.4)$$

где s_1 - зарплата проектировщиков за время проектирования данной ЭС, s_2 - расходы на материалы и оборудование, s_3 - стоимость натурных экспериментов и s_4 - прочие (накладные и т.д.) расходы,

а затраты на обучение — стоимость разработки технологий обучения, расходы на оборудование, зарплату персонала и т.п. Также могут быть выделены плановая и непредвиденная части эксплуатационных затрат и расходы на ликвидацию последствий аварий (расследование причин, восстановление, ликвидация экологических последствий, компенсации пострадавшим и т.п.).

Ряд статей расходов носит предположительный или вероятностный характер; возможны также невозполнимые потери, например, при авариях, повлекших человеческие жертвы.

Отсюда следует, что полная стоимость эргатической системы может быть подсчитана лишь в тех случаях, когда имеется массовый и завершённый опыт эксплуатации. Также не всегда может быть определена мера экономической эффективности, например, при создании систем, обладающих уникальными характеристиками.

Поэтому стоимостные оценки целесообразно применять только по отношению к существующим образцам, или к отдельным компонентам, или при сравнении вариантов одной и той же системы, где оценки эффективности опираются на тождественные методики. Для систем со схожими эксплуатационными характеристиками и равной степенью безопасности, имеем следующую простую оценочную формулу

$$\Delta_1 = \Delta_s + \Delta_e, \quad (3.5)$$

где Δ_1 - разница стоимости сравниваемых систем, включающая Δ_s - разницу в стоимости оборудования и Δ_e - разницу в стоимости эксплуатации.

3. 1. 2. Сбор и классификация предпроектной информации

Как отмечается во многих источниках [2, 28, 117, 120], поиск предварительной информации о проектируемой системе является самостоятельной задачей, решение которой требует разработки специальных методик.

Особенно это относится к «извлечению» информации из операторов и др. специалистов и ее последующему представлению в адекватной форме. Разработка специальных опросников, тестов и методик интерпретации получаемых данных — одна из актуальных проблем инженерной психологии [2, 3, 34, 35, 57, 64-68, 100]. Некоторые ее стороны рассматриваются в 4-ой главе.

В то же время, хорошо подготовленная информация — важнейшая предпосылка, определяющая количество и состав вырабатываемых проектных решений, следовательно, и общую трудоемкость проектирования.

Особенно важен этот этап для настройки на интуитивное познание. Поэтому подробно охарактеризуем все его аспекты.

Источники информации. К ним относятся:

- проектное задание;
- нормативные документы (применяемые стандарты и некоторые нормативы даны в тексте работы; см. также [1, 30, 31, 117, 120, 121]);
- образцы-аналоги и техническая документация;
- специальная литература (достаточно полные списки приведены в [117, 120]; в [30] имеется сводка основных результатов);
- опросы, тесты, экспериментальные данные (некоторые из них, а также методики обработки, приведены в 4-ой главе; см. также [13, 65, 94]).

Собираемые сведения. Необходимо выяснить:

- физические размеры, формы и характеристики движений операторов в зависимости от возраста, этноса, пола по данным антропометрии, биомеханики [117, 120];
- физиологические потребности (физиология, биология [108, 117]);
- характеристики ввода информации (психология, теория восприятия, физиология [1-3, 24, 64-68, 73, 101, 108, 117, 119-121, 131]);
- параметры обработки информации и принятия решения в условиях стресса, при определенных мотивациях, при монотонном характере труда с учетом характеристик кратковременной и долговременной памяти (психология, гносеология [3, 67, 68, 117, 120, 121, 128]);
- характеристики реагирования — реакции, рефлексy (биомеханика, психология, физиология [117, 120, 127, 129]);
- допуски по условиям обитания (температура, вибрации, давление, влажность, шум, запыленность, загазованность, время суток, месяца и года, перегрузки [41, 117, 120, 121]);
- характеристики устойчивости, поведения и работоспособности (медицина, психология, физиология, биология [24, 44, 61, 64-68, 80, 116, 117, 120]);
- характеристики предполагаемых взаимодействий внутри коллектива операторов и с внешними командными и диспетчерскими органами [2-4, 34, 35, 77, 84, 92, 117];
- данные об экологической опасности проектируемой ЭС;

- данные о работе управляемого посредством ЭС оборудования, его надежности и безопасности;
- ограничения на размеры и форму помещения, габариты устанавливаемого оборудования, время работы [48];
- ограничения по вибрациям, температуре и т.д., при которых аппаратура способна нормально функционировать [48];
- степень существующей освещенности помещения, рабочих мест, приборов и органов (яркость, напряжение, блики и отражения, подсветки, совместимость [117, 120]);
- рекомендации по окраске поверхностей и оборудования [22, 31, 82, 93, 111, 117, 118];
- количество независимых подсистем, а также каналов связи с командными и диспетчерскими органами;
- возможности применения различных материалов и их характеристики (текстура, цвет, твердость и т.п. [31, 70, 102]);
- возможность применения различных типов отображающих устройств и органов управления (форма, размеры, технические характеристики, возможность работы «вслепую» и т.п. [117]);
- характеристики движений перемещающихся частей оборудования и органов управления; требования техники безопасности [117, 120];
- формы организации, виды и допустимые характеристики информационного обмена (коды, знаки, стандартные обозначения и сокращения и т.п. [21, 117, ГОСТы 21480-75, 21829-76, ISO 8995:1989, 11428:1996]);
- необходимость защиты данных и установления специальных прав доступа [77, с.101-120, 117].

Классификация и обработка собранных данных производится по инвариантам и в порядке построения OM^3 , а именно:

1. Выделяются сведения, относящиеся к взаимодействию системы с окружающей средой (например, температура, вибрации, экологические факторы и т.п.). Они используются для построения МЧС;

2. Выделяются группы данных, относящихся к организации системы и ее компонентам. Дальнейшая градация производится по уровням организации системы (2. 1.).

Например, в отдельные группы выделяются сведения, характеризующие целостность системы (количество независимых подсистем и число операторов — уровни 1 и 2; операторов и оборудование — Sp^+ и Sp^- ; ОУ — уровень 5; СОИ — уровни 5-7 и т.д.).

³ В той же последовательности удобно работать с источниками, выделяя прежде всего сведения о взаимодействиях системы и среды, затем о системе в целом, об отдельных компонентах и т.д., и переходя от обобщенных характеристик ко все более частным.

3. Устанавливаются соответствия между элементами, принадлежащим уровням Sp^+ и Sp^- с одинаковыми номерами, например, между количеством независимых подсистем и числом операторов; степенями свободы конечностей и движениями ОУ и т.п. Они характеризуют степень совместимости (целостность, коинциденция, функциональная симметрия) компонентов.

4. Выделяются данные, качественно характеризующие процессы обмена между операторами и оборудованием (Sp^+ и Sp^-), внутри коллектива операторов, между различными системами оборудования. Дальнейшая градация производится 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 перечисленных групп отдельно располагаются данные, позволяющие производить калибровки моделей. Как правило, это предельные допустимые значения каких-либо характеристик, требования техники безопасности, а также сведения о свойствах применяемых материалов.

7. Рекомендуются построить ориентированный граф, отражающий отношения принадлежности и соответствия классификационных групп, а также последовательность классификации. Такой граф является удобной для последующего формирования предварительной ОМ формой представления данных.

8. При наличии образцов-аналогов производится комплексный анализ их безопасности и эффективности и выявляются критические зоны.

Для конкретных задач те или иные группы сведений могут оказаться избыточными; в этом случае они опускаются.

Естественным завершением обработки информации является ее помещение в базу данных (БД), построенную применительно к указанной на рис. 3. 1. блок-схеме. В свою очередь, разработка БД — первый этап перехода к реализации предлагаемой технологии средствами автоматизации.

Задача 3. 1. 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, не рассматривая здесь реализацию стандартных операций, мероприятия по обеспечению компактности хранения и т.д.

Решение.

1. Структура базы данных показана на рис. 3. 2а. Программа управления должна обеспечить операции внесения, поиска, извлечения записей, а также реализацию ссылок, указаний, переходов и прав доступа. Данные о компонентах, элементах, операциях и взаимодействиях распределяются по ветвям, уровням и записям в соответствии с классификацией, ролью в процессе проектирования, последовательностью проектных операций так, как было описано выше. Количество записей не ограничивается. Устанавливаются соответствия между данными одного уровня, смежных уровней, уровней с одинаковыми номерами.

Необходимо реализовать возможность внесения в БД новых уровней и записей (и исключения ненужных), т.е. возможность ее развития.

2. Структура записи показана на рис. 3. 2б. Записи включают поля двух типов: общие для всех поля индивидуальных имен, указателей, ссылок и зависящие от принадлежности тому или иному уровню поля записи характеристик.

Имя позволяет идентифицировать запись и определить ее тип (элемент, взаимодействие и т.п.). Указатели определяют принадлежность описываемого компонента или взаимодействия конкретному уровню или структуре, а также права доступа. Ссылки позволяют найти аналог компонента, если имеется существующий образец. Соответствия указывают на другие компоненты в пределах слоев с теми же номерами, с которыми связан описываемый компонент.

Поля записи включают форматы для представления качественных характеристик, допустимых операций и взаимодействий. Их перечень определяется принадлежностью компонента тому или иному уровню. Отдельно помещаются данные для калибровок. Форматы должны допускать внесение цифровых, текстовых, символических и графических данных.

3. Права допуска и поиск данных. Права допуска определяют возможность перехода ко всем полям записи компонента; от текущего компонента ко всем компонентам, на которые имеются указатели или соответствия; от текущего уровня ко всем предыдущим или последующему. Таким образом, реализуется последовательность расслоения-свертки, исключающая возможность использования избыточных данных, что могло бы привести к ошибкам. Кроме того, разрешается вход в БД к любой ветви, любому уровню, компоненту или взаимодействию путем непосредственного указания его имени, указателя, соответствия или ссылки. Это сокращает время поиска и позволяет получать доступ к информации, необходимой лишь для текущей стадии проектирования.

Алгоритм поиска данных без указания прав допуска реализует последовательность переходов, указанную на рис. 3. 2в., т.е. поиск осуществляется для всех уровней и записей ветви оператора, затем ветви оборудования, затем ветви взаимодействий. Таким образом сокращается время поиска.

В зависимости от сложности структуры и предполагаемого объема БД, можно рекомендовать следующие новейшие средства разработки: Database Designer фирмы Oracle для разработки небольшой базы данных и Power Designer 6.0 фирмы Sybase для базы данных среднего уровня.

Перейдем к рассмотрению примера, иллюстрирующего последовательность сбора, классификации и обработки информации.

Задача 3. 2. *Подготовка данных для проектирования пульта управления криогенной топливной системы (КТС).*

Постановка. Разработка эргономически обусловленного решения осуществлялась в ходе НИР «Эргономические рекомендации к конструкторской документации по размещению и эксплуатации ПНК и КТС изделия ТУ-156» №328-Х93. Необходимо было повысить безопасность, сократить размеры

пульта, а также уменьшить число операторов с 2 до 1 за счет совершенствования информационной подсистемы и органов управления. Не должны были изменяться конструкторские решения по организации и автоматизации управления системой.

Решение.

1. Источники и сбор информации. Использовались:

- проектное задание;
- образец-аналог (решение 1989 г., рис. 3. 3. и раздел пояснительной записки «Работа двигателя НК-89 на авиационном метановом топливе»);
- данные предыдущих отчетов о планировке кабины и деятельности экипажа, включая результаты опроса испытателей КТС;
- нормативные документы и специальная литература.

2. Состав собираемой информации. С учетом специфики задачи, собиралась только необходимая информация, в частности, данные о:

- компоновке кабины и организации системы управления;
- последовательности работы КТС и выдаваемых сообщениях;
- автоматических и автоматизированных операциях;
- параметрах информационного обмена;
- критических и аварийных ситуациях;
- действиях оператора;
- ограничениях по технике безопасности и эргономике;
- характеристиках применяемых органов управления.

3. Классификация данных. Исходя из особенностей задачи, информация группировалась по следующим номинациям:

1. Сведения о взаимодействии системы управления КТС с другими системами управления воздушного судна, а также о разграничении обязанностей и информационном обмене внутри экипажа;
2. Данные об организации и работе системы «оператор — КТС»:
 - для операторов — распределение функций, характеристики восприятия, ограничения на время принятия решения, действия управления;
 - для системы — режимы функционирования и выполняемые операции, компоновка информационной и управляющей подсистем, состав и размеры информационных приборов и органов управления, выдаваемые сообщения, перемещения органов управления, применяемые коды и материалы, ограничения по технике безопасности и др. ограничения;
 - для СОИ — отображаемые параметры, форматы данных, коды, характеристики освещенности, подсветки, колористические решения.

4. Обработка информации. Выполнялись:

- построение информационной модели в виде ориентированного графа;
- построение ориентированных графов, отражающих последовательность технологических операций и выдачи сообщений для каждого из режимов работы КТС (например, граф для режима заправки топлива показан на рис. 3. 4.);

- комплексная оценка безопасности для каждого из режимов с целью выявления критических ситуаций.

Комментарии. Выполнение указанных действий позволило представить информацию в виде, облегчающем поиск проектных решений и сделало более удобным ее использование в процессе проектирования.

3. 2. Совершенствование процедуры выдвижения и предварительного отбора вариантов

Процедура должна одновременно обеспечивать:

- облегчение поиска новых идей и вариантов;
- сокращение числа рассматриваемых решений без трудоемкой процедуры их анализа;
- наличие наилучшего варианта в рассматриваемой выборке.

Обычные эвристические приемы позволяют, как правило, достичь какой-либо одной из этих целей.

Например, для облегчения выдвижения новых идей применяется метод «мозгового штурма». Благодаря созданию неформальной атмосферы, поощряющей свободное высказывание самых невероятных идей и отсутствию, на первом этапе, критики, достигается снятие психологических барьеров, порождающее обилие предложений. Однако нет гарантии, что в это число попадают действительно наилучшие решения.

Далее, проверяются варианты, удовлетворяющие определенным эвристикам, например, группировки приборов по принадлежности к функциональным системам, по последовательности операций; с учетом гештальтов и чисел Миллера; в соответствии с законами композиции и т.д., а остальные отбрасываются. Набор таких правил определяется опытом проектировщика, наличием аналогов, нормативными документами. Их сложность и противоречивость не позволяет гарантировать, что в число отобранных попадают действительно лучшие варианты.

Наличие оптимального варианта обеспечивается полным перебором возможных решений. Однако это не всегда возможно ввиду ограниченности ресурсов. Так, для пульта КТС (рис. 3. 3.), содержащего 53 элемента, возможны $P = 53!$ вариантов их размещения, что делает явно невозможным сравнение их всех, например, по методике [104], требующей проведения натуральных экспериментов.

Рассмотрим возможности преодоления этих недостатков с использованием построенных ранее моделей.

Согласно [58, с.45-49] и 2. 2., интуитивное восприятие и распознавание позволяет сформировать С- пространство в соответствии с целостной структурой объекта. Полученное знание 2-го рода объективно и может быть выражено посредством различных ОМ, воспроизводящих те или иные инварианты и калибровки Сп. Как подчеркивалось в первой главе, эти ОМ взаимосвязаны и могут рассматриваться как стадии построения единой обобщенной модели, сопоставляемые с различными уровнями исследования и детализации.

Процесс настройки на интуитивное восприятие, невозможный без устранения как физиологических, так и психологических помех, по самой своей сути гарантирует ликвидацию барьеров, блоков и стереотипов, мешающих сво-

бодной реструктуризации Сп. Состояние «чистой доски» создает наилучшие условия для беспрепятственного выдвижения любых идей и вариантов.

Когда интуитивное восприятие происходит под влиянием О, формируемое в процессе интуитивного распознавания Сп однозначно соответствует ему. В этом случае варианты возникают лишь на стадии построения моделей, ввиду ограниченности средств используемых для этого Рв и Г- операторов, не способных отобразить одновременно весь набор инвариантов и калибровок [58, с.104-118]. Количество вариантов определяется числом и детализацией построенных моделей, увязывается с учитываемыми инвариантами и калибровками, и, таким образом, ограничивается. В процессе проектирования О отсутствует, и его влияние должно имитироваться воздействием предварительной ОМ в ходе настройки и корректироваться сведениями, содержащимися 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 целостно, возможно построение целостных ОМ. Наличие таких моделей уже на предварительной стадии проектирования позволяет отбросить не удовлетворяющие условиям целостности варианты, еще больше сократить их количество. При этом, поскольку наилучший вариант удовлетворяет им, он останется в числе тех, которые допускаются на последующие стадии.

Далее, поскольку содержанием процесса разработки ЭС на этих стадиях является детализация и калибровка предварительной целостной ОМ, то ее характеристики являются условиями, ограничивающими выбор возможных решений. В частности, необходимо обеспечить соотношения количеств и потенциалов элементов компоновки при переходе от слоя к слою, а также для слоев $Сп^+$ и $Сп^-$, имеющих одинаковые номера. Этим также достигается сокращение числа рассматриваемых вариантов. На всех стадиях соответствие решений условиям целостности служит универсальным критерием, позволяющим оценивать, с той или иной степенью точности, качество выдвигаемых идей. Таким образом, выполняются сформулированные выше условия «совершенной» технологии поиска вариантов проектных решений.

Теперь перейдем к непосредственному описанию поиска вариантов.

Последовательность формирования исходной ОМ представлена на рис. 3. 5а.; последовательность стадий настройки, восприятия и распознавания, а также документирования — на рис. 3. 5б. Прокомментируем эти схемы.

1. Использование БД и подсказок. В качестве подсказок используются сценарии организации (1.13-1.15), обеспечивающие целостность моделей. С учетом различных форм компенсации потерь потенциала (1. 2.), возможно построение на их основе девяти типов предназначенных для использования на стадии настройки ОМ. Далее, в ходе интуитивного восприятия ([58, с. 45-49] и 2. 2.), вырабатываются варианты самоорганизации Сп. Это позволяет, в ходе интуитивного распознавания, привлечь сведения о взаимодействии с окружающей средой и о возможной организации системы, содержащиеся в БД, для отбора некоторых из них. Построенные на стадии обработки исходных данных

(3. 1.) С- граф и РС- диаграмма, описывающий их структуру и связи, используется в тех же целях.

Отобранные варианты подвергаются преобразованиям в памяти проектировщика (интерпретируются посредством Γ - операторов) в образы, наиболее подходящие для объективизации. Затем они преобразуются (моделируется с помощью P_v) в рабочие объектные модели (OM_p на рис. 3. 5.). Набор сохраняемых инвариантов и калибровок определяет выбор конкретного вида Γ - оператора и P_v и их конструктивные схемы. OM_p строится в произвольной, удобной для проектировщика форме (символы, пояснительные записки, РС- диаграммы, С- графы и т.п.); разумеется, разные модели одного и того же решения должны обладать одним и тем же набором инвариантов.

Итак, подсказки выступают в роли первичного средства настройки на интуитивное восприятие и для контроля целостности, а сведения в БД — в качестве средства, позволяющего откорректировать генерируемые варианты в ходе интуитивного распознавания. Они интерпретируются, таким образом, как «ма-териал» для формирования элементов аппарата тернарной связи, имитируя воздействие объекта.

2. Построение предварительной объектной модели ($OM_{п}$ на рис. 3. 5.) производится в той же последовательности, что и рабочей модели:

1. В целях настройки на интуитивное восприятие используется OM_p ;
2. Полученные в результате восприятия образы представляются в форме знания 2-го рода;
3. В ходе распознавания привлекаются сведения, содержащиеся в БД. Это делается следующим образом. Все данные о предполагаемых соответствиях и обменах в проектируемой системе «раскладываются по полочкам», определяемых их качественными различиями. Это позволяет предварительно выяснить степень детализации, т.е. какое количество уровней организации и элементов должна содержать OM системы, и установить соответствия между слоями. С- граф (или РС- диаграмма), отражающий структуру данных, позволяет ускорить этот процесс.

К определению степени детализации необходимо подходить творчески. Можно, ради упрощения оценки, сознательно уменьшить число рассматриваемых уровней, а также и набор учитываемых качеств, ограничившись, например, построением только структурной схемы нескольких первых уровней. В этом случае необходимо убедиться, что отбрасываемые слои и качества имеют небольшие весовые коэффициенты, такие, что их последующий учет не повлияет на основные конструкторские решения.

4. При необходимости выполняется коррекция оцениваемых вариантов;
5. Образы преобразуются в удобную для объективизации форму;
6. Производится построение $OM_{п}$ и документирование отобранных вариантов решения. Поскольку полученные на этой стадии решения могут использоваться коллективом проектировщиков, средствами объекти-

визации должны выступать эскизы, чертежи и др. документы, интерпретация которых по возможности однозначна.

Итак, в отличие от первой стадии, при построении Om_{II} основное внимание уделяется определению степени развитости организации проектируемой системы, а также отработке внутрисистемных связей. Условия целостности имеют «локальный» характер.

Автоматизация построения Om_{II} . Несмотря на неформализуемость самого акта интуитивного познания, использование средств автоматизации может оказать существенную помощь в ускорении процесса построения Om_{II} . Перечислим компоненты, которые должна включать САПР:

1. Средства доступа к БД, обеспечивающие последовательное извлечение информации, необходимой для построения рабочих и предварительных моделей, с характеристиками, указанными в 3. 1.;
2. Средства визуализации подсказок и управления ими (детализация, свертывание, модификация, запоминание, помещение в БД);
3. Графические средства, обеспечивающие возможность отображения символов, графов, диаграмм, схем, эскизов, чертежей (в том числе размерностью больше двух), формул и текстов, а также получение их твердых копий;
4. Средства, обеспечивающие возможность запоминания и хранения документов, а также получения к ним доступа на последующих стадиях проектирования одним или несколькими проектировщиками.

Рассмотрим пример генерации и отбора вариантов, а также построения предварительных объектных моделей, показывающий применение описанной технологии для разрешения конкретной проектной ситуации — разработки пульта КТС.

Задача 3. 3. *Поиск компоновочной схемы пульта криогенной топливной системы.*

Постановка. Необходимо определить компоновочную схему и степень ее развития в целях оптимизации показанного на рис. 3. 4. пульта управления КТС, имея в виду, в частности, сокращение количества операторов до одного.

Решение.

1. Поскольку ставится задача такой модернизации пульта, чтобы с ним мог работать один человек, то в качестве подсказки следует использовать сценарий 1.13.

2. Из перечисленных в задаче 3. 2. данных вначале используются только сведения, перечисленные в пунктах 1 и 2.

3. В ходе интуитивного восприятия принимаются следующие решения:

- о степени интеграции системы (возможно использование как целостной, так и коинцидентной схем; принимается последняя);
- о размерности компоновочной схемы (достаточно размерности 1);
- о форме представления схемы (С- граф).

Подчеркнем, что выдвигается только один вариант компоновки — С-граф, соответствующий сценарию 1. 13. Он и является O_{m_p} .

Итак, группировка органов управления должна быть симметричной компоновке информационных приборов, т.е. содержать равное количество зон размещения и элементов.

4. Теперь необходимо принять решения о количестве уровней организации системы, а также количестве элементов в группах и взаимном соответствии групп и элементов. Это выполняется в следующей последовательности:

- в качестве элемента настройки используется построенная O_{m_p} ;
- полученные в ходе восприятия образы «накладываются» на построенные в ходе решения задачи 3. 2. информационные модели и ориентированные графы, отражающие последовательность операций и сообщений для разных режимов работы системы;
- в ходе распознавания определяются количества зон размещения, приборов и органов, достаточные для отображения сообщений и выполнения операций управления в последовательностях, определяемых конкретным режимом работы;
- устанавливаются соответствия между зонами размещения, группами и отдельными приборами и органами управления;
- определяются ориентация и направленность компоновки — сверху вниз и слева направо; развитие процессов и действия управления должны соответствовать им;
- в качестве органов управления возможно использование устройств типа светового пера (см. задачу 2. 5.) или переключателей. Поскольку световое перо должно конструироваться специально, а переключатели выпускаются промышленностью, принимается решение о применении переключателей. Его правильность должна быть проверена при определении общих размеров пульта (не будет ли он слишком громоздким) и при оценке скорости действий оператора в критических ситуациях на последующих стадиях проектирования. Для отображения положений переключателей выделяется отдельный уровень организации.

Отметим, что и на этой стадии в качестве основного рассматривается только один вариант; при появлении альтернатив, решения оцениваются исходя из «общих» соображений без сложных обоснований.

Итак, определены компоновочная схема, степень ее детализации и необходимые уровни организации. Установлены соответствия между приборами и органами. Окончательный вариант $O_{m_{II}}$ показан на рис. 3. 6. Отметим, что, помимо С-графа, он содержит также необходимые пояснения.

Комментарий. В ходе проработки компоновочной схемы была применена эвристика, устраняющая необходимость решения переборной задачи. Принятый вариант отвечает условиям целостности, и можно предположить, что он

и является оптимальным. Проверка его приемлемости будет произведена на следующих стадиях. Отметим, что удалось достичь сокращения числа приборов и органов управления по сравнению с исходным образцом с 53 до 17 единиц, что упрощает не только работу, но и технологию изготовления пультов данного вида.

3. 3. Многокритериальная оптимизация

При использовании ОМ, оптимизация состоит в последовательной оценке определенных в ходе предыдущего этапа проектирования вариантов и выбору наилучшего из них. Алгоритм этих действий следующий:

- формулирование и формализация цели и критериев оптимизации, а также ограничений;
- определение последовательности ЦФ как мер отклонения от цели проектирования (для каждого из этапов определяются свои ЦФ; их вид зависит также от числа учитываемых параметров и инвариантов используемой ОМ);
- оценка вариантов и проверка ограничений;
- калибровка и определение абсолютных значений параметров.

Будем называть такую оптимизацию *оптимизацией в С-пространстве*.

Целью оптимизации является построение эффективной, качественной и надежной ЭС [30]. Таковым является общее исходное положение. Достижение указанных характеристик возможно через обеспечение совместимости системы [34], которая, согласно ГОСТ 16.035-81 и ДСТУ 2429-94, оценивается по гигиеническому, антропометрическому, психофизиологическому, психологическому, а также биомеханическому, информационному и эстетическому показателям. Взаимодействие с окружающей средой не должно препятствовать реализации этих качеств, и, с другой стороны, минимизировать вероятность нежелательных эко-логических и др. последствий, возникающих вследствие ошибок управления.

Напомним, что в соответствии с принятым подходом, совместимость ЭС трактуется как следствие целостности, формализуемой посредством условий (1.13-1.15). Исходя из этого, будем понимать под **целью оптимизации** *построение открытой и самоорганизующейся системы, взаимодействие которой с окружающей средой, а также внутренние процессы, были бы организованы таким образом, чтобы сохранялась как целостность ЭС и МЧС*. Естественно, что при этом набор характеристик системы должен включать гигиенические, антропометрические и прочие показатели.

Критерии оптимизации при указанном понимании цели оптимизации естественно трактовать как минимизацию *показателей отклонения параметров системы от условий целостности применительно как к внутренним процессам, так и внешним взаимодействиям*.

Естественно, показатели должны оцениваться по их важности, определяемой уровнем МЧС, а их комбинации соответствовать особенностям конкретной стадии проектирования.

Ограничения понимаются как такие значения параметров, при выходе за пределы которых *невозможно эффективное функционирование ЭС*, т.е. *необратимо нарушается ее целостность*. Последнее означает, что при любом последующем развитии ситуации невозможно приведение системы в состояние, соответствующее условиям целостности ее самоорганизации.

Формализация цели, критериев и ограничений.

А. *Цель* — в соответствии с выбранными на предыдущем этапе сценариями организации, строятся объектные модели первого или второго типа, степень детализации которых определяется набором учитываемых параметров.

В соответствии с компоновочной схемой и исходя из условий целостности, определяются «идеальные» принципы размещения и группировки приборов и органов и рассчитывается распределение потенциалов, а также, для OM_2 , необходимые динамические характеристики.

Исходя из расчетного распределения потенциалов, выраженного в условных единицах, определяются формы, пропорции и относительные размеры компоновочных единиц. Определяются формы представления информации и управляющих действий, а также цветовые решения, позволяющие необходимым образом влиять на состояние оператора. Модель, отражающая эти показатели, является формальным выражением цели проектирования.

Далее, по нормативным значениям психофизиологических, антропометрических, информационных, психофизиологических и др. показателей производятся калибровки относительных размеров, перемещений, цветов, определенных на предыдущем этапе. При этом размеры, определенные по одним показателям, могут расходиться с размерами, определенным по другим показателям; необходимость их согласования приводит к изменению компоновочной схемы, форм и пропорций. Возникают различные варианты компромисса, каждый из которых также должен быть оценен.

Б. *Критерии оценки* формализуются как ЦФ, отражающие отклонение полученных в результате калибровки вариантов от цели проектирования. При этом вес различных показателей, характеризующих отклонение, определяется в соответствии с уровнем их восприятия согласно МВ; коэффициенты принимаются пропорциональными относительным значениям потенциалов этих уровней (т.е. реализуется идея, продемонстрированная при решении задачи 2. 2.). Необходимо также учитывать коэффициенты условий восприятия и приоритетности соответствующих рецепторов. Наилучшим будет вариант, в минимальной степени отклоняющийся от соответствующей цели оптимизации ОМ.

В. *Ограничения* формализуются как предельные значения, в диапазоне которых еще возможна калибровка. Варианты, в которых размеры, перемещения и т.д. выходят за пределы ограничений, не рассматриваются.

Перейдем к конкретному описанию наборов ЦФ.

Определение и использование ЦФ на отдельных этапах проектирования.

А. Оценка компоновочного решения. В зависимости от количества операторов и подсистем, на предыдущем этапе выбран один из сценариев организации (1. 13-1. 15.) и несколько вариантов компоновочных решений. Отображающие их С- графы принимаются в качестве «идеальных» компоновочных схем, *которым должны соответствовать количества и соподчиненность приборов и органов управления.* Это условие принимается в качестве критерия оптимальности. Однако в действительности такое размещение приборов и органов не всегда возможно, что может быть вызвано технологическими или другими причинами. Это порождает дополнительные варианты, группируемые по каждому из основных С- графов. Отклонения от критерия оптимальности по количеству и группировке приборов и органов управления, взятые с весовыми коэффициентами γ , равными относительным значениям потенциалов каждого из слоев, определяют меру отклонения от оптимальной компоновки Φ_1 :

$$\Phi_1 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |n_i - k_i|, \quad (3.6)$$

где m - номер последнего слоя; n и k - расчетное и фактическое количества приборов и органов в группах, соответствующих i -тым слоям.

Наилучшему варианту соответствует минимальное значение Φ_1 .

В качестве *безусловного ограничения* принимается, согласно 2. 15., максимальное число приборов (органов) в группе не более 8, что соответствует емкости оперативной памяти оператора [102].

Б. Оценка системы пропорций и размеров. Преследуется цель *обеспечить целостность восприятия показателей приборов одной группы, а также соответствие их размеров антропометрическим параметрам и требованиям безопасности.*

1. Расчет пропорций и размещения приборов и органов для СОИ и ОУ проводится в соответствии с распределением их потенциалов (задача 1. 4.). Это, в свою очередь, определяется местом группы (прибора или органа) на компоновочной схеме. Потенциалы удобно рассчитывать в условных единицах, по отношению к потенциалу ЭС (или, при выборе степени интеграции на уровне коинциденции, — к потенциалу ОУ).

Далее, принимается, что пропорции зон размещения, приборов и органов зависят от их предполагаемой геометрической формы, а именно, пропорциональными относительным значениям потенциала следует принимать:

- для ряда объектов протяженной формы (ширина в 8 или более раз меньше длины) — линейные размеры;
- для ряда объектов эллиптической или круглой формы — величины их площадей;

- для ряда прямоугольных (или близких к ним) объектов, не сильно отличающихся друг от друга по отношению ширины к длине — величины их площадей;
- для совокупности объектов разной геометрической формы (из перечисленных) — величины полей координации [123];
- для трехмерных тел — величины полей координации, подсчитанные так, как это делалось при решении задачи 2. 2.

Кроме того, необходимо внести поправки [120, 121]:

- на условия освещенности — при расположении объектов в зонах разной освещенности потенциалы умножаются на коэффициенты, выражающие степень неоптимальности освещенности (рекомендуется обеспечивать $s_1 = 0.8 \div 1$, см. также [22, 111, с.186]);
- на условия оптимальности восприятия — при невозможности разместить объекты в зоне оптимального восприятия потенциалы умножаются на коэффициент, выражающий степень неоптимальности (рекомендуется $s_2 = 0.8 \div 1$);
- на окраску — при существенно разнородной окраске рабочих поверхностей приборов и органов потенциалы умножаются на коэффициенты, выражающие относительную яркость окраски (рекомендуется $s_3 = 0.8 \div 1$, подбор сочетаний цветов описывается в [111, с.75,98], рекомендуемая окраска приборов и органов в зависимости от их функционального назначения — в [31, 48, 111, с.55]).

Отклонения от этих значений, взятые с соответствующими весовыми коэффициентами, определяют меру неоптимальности пропорций Φ_2 :

$$\Phi_2 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |s_{1i} \cdot s_{2i} \cdot s_{3i} \cdot \pi_{ni} - \pi_{ki}|, \quad (3.7)$$

где π_{ni} и π_{ki} - потенциалы для фактических и расчетных пропорций.

Наилучшему варианту соответствует минимальное значение Φ_2 .

2. Фактические размеры определяются исходя из антропометрических и биомеханических характеристик, а также требований по технике безопасности, условий необходимого освещения, центрального и наиболее четкого различения зрительных образов. Эти условия задают калибровки. При этом используются хорошо известные правила определения габаритов рабочего места, размеров пульта, зон размещения приборов и рабочих органов, а также отдельных знаков с учетом необходимых уровней освещенности и яркости индикаторов [89, 102, с.130-148, 111, с.68-69, 117, т.5-6] и уже упоминавшиеся ГОСТы. В случае конфликта размеров, полученных исходя из разных нормативов, предпочтение следует отдавать тем из них, которые согласуются с положением 2. 23., т.е. соответствуют интуитивной СОИ.

Безусловные ограничения определяют предельные значения антропометрических и прочих показателей [117, 120, 121].

При невозможности удовлетворения безусловным ограничениям производится изменение системы пропорций или даже компоновочной схемы, после чего весь цикл повторяется.

В. Оценка средств кодирования информации. Целью оптимизации информационного обмена является его приведение в соответствие со врожденными способностями оператора к группировке и эмоциональной оценке воспринимаемой информации и спонтанным реакциям на нарушение целостности композиции, рассмотренным во второй главе.

Средством ее достижения является реализация рекомендаций 2. 19.-2. 23. при выборе технического решения, формы кодирования параметров и динамики их изменения, а также цветовой кодировки.

Принимая во внимание, что лучше воспринимаются и вызывают более выраженную и точную реакцию наибольшие отклонения элементов от целостной композиции, имеем следующую оценку средств кодирования Φ_3 :

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |n_i - k_i| \cdot |s_{1i} \cdot s_{2i} \cdot s_{3i} \cdot \pi_{ni} - \pi_{ki}|, \quad (3.8)$$

где значения параметров и коэффициентов и их соответствия слоям определяются только для информационных символов.

Наибольшее значение Φ_3 соответствует наилучшему решению.

Безусловными ограничениями являются условия восприятия, а также объем зрительной и оперативной памяти оператора. Кроме того, необходима проверка напряженности труда оператора в критических ситуациях по физиологическим показателям и психологическим тестам.

Проектная предварительная оценка вариантов складывается из Φ_1 - Φ_3 и служит основанием для окончательного выбора одного из них. Отметим, что каждая из ЦФ независима и соответствует своему этапу проектирования. Окончательная оценка готового изделия производится так, как это описано 3. 4.

Автоматизация решения оптимизационной задачи. Повторяемость от-дельных операций, а также постоянная необходимость выполнения несложных, но монотонных расчетов, обуславливают потребность в их автоматизации. Этот блок целесообразно рассматривать в качестве подсистемы САПР ЭС. Назовем его СОМР и рассмотрим некоторые предложения по его разработке.

При создании подсистемы и работе в ней в ходе проектирования предлагается использовать интерфейс, показанный на рис. 3. 7. Одной из лучших RAD-сред, обеспечивающих быструю и наглядную разработку необходимого программного обеспечения, является DELPHI. Опишем возможности ее использования более подробно.

Экран монитора разбивается на несколько областей (рис. 3. 7):

а) главного меню DELPHI, расположенного в верхней части экрана и содержащего панели горячих кнопок и компонент;

- б) окна инспектора объектов DELPHI, включающего страницы свойств объекта и событий, наступающих при определенных событиях с объектом;
- в) палитры инструментов компоновки и их падающих меню;
- г) зоны вычисляемых характеристик;
- д) зоны компоновки.

Области а) и б) являются стандартными для DELPHI; охарактеризуем состав и функции зон в)-г).

Палитра инструментов компоновки и ее меню. Основные действия проектировщика сосредотачиваются именно здесь. Команды задаются мышью или вводятся с клавиатуры; обязательными являются средства работы с внешними устройствами сети (что необходимо для обеспечения возможности групповой разработки), а также с документами (устройства сканирования, оцифровки, печати, вычерчивания и др. обработки текстов и графических материалов). Сведем в табл. 3. 1. (с. 93) выполняемые операции и необходимые меню.

При работе осуществляются связи между компонентами САПР. Состав частей подсистемы и их взаимодействия при выполнении каждой из указанных в табл. 3. 1. операций показано на рис. 3. 8. Отметим, что в качестве основы организации БД (3. 1.) для рассмотренного выше, достаточно простого примера, можно использовать, например, ACCESS.

Табл. 3. 1. Действия проектировщика; меню панели инструментов компоновки

| № | Действие проектировщика | Кнопка и название меню ⁴ | Краткая характеристика действий системы |
|----|--|-------------------------------------|--|
| 1. | выбор (генерация) сценария организации системы и его детализация | сценарий компоновки | отображение вариантов организации из БД и фиксация выбранных; расчет характеристик; генерация и интерпретация кода |
| 2. | выбор (генерация) ориентации | ориентация | предложение фронтального, горизонтального или наклонного расположения; обработка действий проектировщика; генерация кода |
| 3. | определение и коррекция зон размещения | зоны размещения | предложение компоновочной схемы; обработка действий проектировщика; генерация кода |
| 4. | определение системы пропорций | пропорции | вычисление и коррекция в соответствии с командами проектировщика пропорций зон размещения оборудован согласно их потенциалам; вычисление Φ_1 ; генерация кода |
| 5. | определение размеров | размеры | вычисление и проверка по взятым из БД нормативам размеров табло и органов; определение Φ_2 ; обработка действий проектировщика; генерация кода; |
| 6. | окраска компонентов | окраска | обработка действий проектировщика; запоминание окончательного варианта; генерация кода |
| 7. | уточнение размеров | размеры-2 | обработка действий по внесению поправок |

⁴ Возможно (и целесообразно) использование пиктограмм.

| | | | |
|----|--|-----------|---|
| | | | на освещенность и иррадиацию; запоминание результата; генерация кода |
| 8. | организация подсказок | подсказки | выполнение операций 3-7 для подсказок; вычисление Φ_3 ; запоминание результата; генерация кода |
| 9. | «служебные» операции: | сервис | выполнение «служебных» действий ⁵ |
| | а. создание и модификация элементов компоновки и их внесение в БД ⁶ | | • обработка действий а- г |
| | б. обращения к БД и другим компонентам | | • контроль стадии проектирования — обеспечение доступа, возвратов, нарушений последовательности переходов |
| | в. обращения к внешним устройствам | | • обработка обращений внешних устройств |
| | г. документирование | | • обработка документов |

Зона вычисляемых характеристик отображает значения потенциалов, количеств элементов, а также других необходимых параметров и ЦФ, вычисляемых по запросам в специальном меню палитры инструментов компоновки. Она включает текстовые комментарии и значения вычисляемых величин, а также разнообразную «служебную» информацию — ссылки на документы БД, запросы внешних устройств и т.д.

Зона компоновки включает окно формы (отображает принимаемые проектировщиком решения) и закрываемое им окно модуля (отображает сгенерированный DELPHI и написанный проектировщиком код). В эту же область отображаются падающие меню палитры инструментов компоновки.

Пример оптимизации в С- пространстве.

Задача 3. 4. *Размещение приборов и органов управления КТС, определение размеров, совершенствование информационного обмена, нейтрализация эмоциогенных факторов.*

Постановка. Опираясь на выбранную на предыдущем этапе компоновочную схему (рис. 3. 6), необходимо завершить проектирование пульта, имея в виду следующие особенности, вытекающие из проектного задания:

- органы управления включают двухпозиционные переключатели и кнопки пуска; такая организация определяет необходимость дублирования подсказок;
- форма основных компоновочных единиц (табло, органов управления, зон размещения) — прямоугольная, что позволяет принимать их площади пропорциональными потенциалам, не внося дополнительных поправок;
- ручки настройки и индикаторы подсказок для переключателей не включаются в число компоновочных элементов.

⁵ Перечислены лишь основные служебные действия оператора и системы.

⁶ Включая допустимые операции над ними.

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. Согласно п. 1., принято следующее расположение зон размещения: «зона информации», включающая: табло, устройства регулировки и переключатель режима управления авт./ручн., и «зона управления», включающая: переключатели ДПУ 1 и 2 и рода топлива 1- 3, перекрывные краны 1- 3, насосы перекачки, объединенные в 3 блока по 2 элемента, а также индикаторы подсказок (рис. 3. 9). В соответствии с рекомендациями, в качестве устройства индикации использован цветной монитор.

По эргономическим условиям ([117, т.5, глава 7], он должен обладать следующими характеристиками:

- частота развертки — 70-90 Гц; количество линий — не менее 525, NI;
- разрешающая способность — не менее 0.28 мм;
- стабильность — до 20% колебаний яркости; уровень излучения — LR;
- размер знаков — не менее 3 мм, ширина — 75 % высоты; расстояние между знаками — 25% высоты, между словами — 100-150% ; шрифты с прямолинейным начертанием;
- контрастность знака и фона — 6 при яркости знака 40-50 Кд/м² и фона — 6-8 Кд/м².

На экране отображаются: панель состояния системы, 2 панели состояния баков, 3 панели двигателей (поскольку общее число компонентов меньше 8, нет необходимости объединять зоны индикации двигателей или баков и применить кодирование в соответствии с рекомендацией 2. 23). Панель состояния системы отображает символ режима работы, сообщает об аварии, выдает служебные сообщения, содержит диаграммы выполнения технологических процессов, включающие информацию об общем количестве операций и текущей операции. На панели баков высвечиваются диаграммы давления, заполнения бака и заполнения расходного отсека, а также графему подсказки. Панель двигателя содержит диаграммы давления, температуры, оборотов и подсказки регулировки топлива, перекрывных кранов и насосов подкачки.

В качестве индикаторов подсказок для зоны переключателей используются утопленные в пульт лампочки зеленого и красного цвета. Такая организация позволяет свести энтропию СОИ к минимуму, поскольку ликвидирует неопределенность в распознавании ситуации и необходимых действиях.

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 Φ_2 производится, как и в задаче 1. 4., исходя из расчетных для принятой компоновочной схемы значений потенциала; пропорции сторон пульта приняты 1:Ф. Результаты расчета (для табло, зон бака, двигателя и зоны состояния) приведены на рис. 3. 10- 3. 13. Изменение пропорций в зонах размещения переключателей проведено для улучшения их опознавательной функции.

С учетом изменений, $\Phi_2 = 100 * |1 * 0.62 - 1 * 0.62| + 61 * |1 * 0.62^2 - 1 * 0.62 * 1| + 37 * |(1 * 0.62^3 - (0.62 * (0.62 + 0.38 * 0.14)))| + 23 * |(1 * 0.62^4 - 15 * (0.16 * 0.040)) + 3 * (0.33 * 0.38 * 0.14 * 0.62)| + 2 * (0.31 * 0.38^2 * 0.14) + 0.14 * 0.38^3 + 0.5 * 0.62 * 0.38 * 0.1| = 22.77$.

4. Вычисление размеров. Размеры зон, табло и пульта в целом рассчитываются, так же, как это делалось в задаче 1. 5., исходя из возможности уверенного восприятия текстовых сообщений панели состояния системы при необходимом уровне освещения и контрастности и максимальной длины сообщения (это наиболее критическое условие; диаграммы имеют большие размеры и легче воспринимаются) [101, с. 130-148, 117, т.5, гл.5] и проверяются исходя из ограничений общей компоновки рабочего места и техники безопасности. Естественно, при необходимости возможно использование других условий.

По результатам расчета, высота табло составляет 147 мм, ширина — 237, а для пульта — соответственно 382 мм и 617 мм. Эти размеры подходят по общим условиям компоновки. Проверим их по условию исключенности ошибочного нажатия переключателя. При размерах переключателей (плюс индикаторов подсказки) 60*15 мм, имеем:

* по ширине: $(382 - 60 * 3 - 100) / 2 = 51 > 25$ мм (25 мм — минимально допустимое согласно [117, т.5, разд. 8.4] расстояние между переключателями;

* по высоте: $(382 - 15 * 4 - 20 - 30) / 3 = 91 > 25$ мм, т.е. условия соблюдаются.

5. Проработка информационного обмена и вычисление Φ_3 . Проработка обеспечивает: компенсацию чувства опасности — за счет правильной окраски; упрощение управления — за счет «прозрачности» СОИ, выдачи только необходимой информации и действий управления, основанных на реакциях на нарушения уравновешенности композиций, а также системы подсказок; поддержание необходимого уровня внимания — за счет отслеживания и отображения динамики выполняемых операций. Конкретно это означает:

- использование двух режимов работы табло (подсветка только панелей баков и состояния или еще и двигателей);
- использование, кроме служебных сообщений, только диаграммной формы кодирования, причем выход контролируемых параметров за допустимые пределы сопровождается изменением цвета табло и повышением уровня контрастности, а также высвечиванием подсказок. Подсказки представляют собой, во-первых, темные кружки, нарушающие равновесие композиции (их появление вызывает неосознанное желание восстановить равновесие, т.е. готовность оператора к целенаправленному действию), и во-вторых, индикаторы переключателей, высвечивание которых подсказывает правильное действие и его место.

Применяется следующая окраска элементов пульта:

- поверхность пульта — в сине-зеленый цвет со смещением оттенка, по мере движения от верхних зон к нижним, в сторону темно-синего цвета (согласно [111, с.105], синий цвет ассоциируется со сдержанностью,

зеленый с безопасностью; изменение оттенка преследует цель улучшения ориентации);

- табло — в голубой цвет, более светлый для зоны баков и темный — для двигателей (ассоциации — ясность, тишина) при штатном ходе операций и, соответственно, желтый и оранжевый (легкий, согревающий, стимулирующий, но ассоциируемый с опасностью) при выходе за пределы штатного режима; светло-зеленый (нежность, жизнерадость) — для панели состояния системы;
- сообщения: белый — для служебных и диаграммы выполнения процессов; черный — для диаграмм изменения параметров в штатных пределах и кружков подсказки; красный — для сообщений об аварии и обозначения вышедших за допустимые пределы параметрах. Эти цвета также вызывают необходимые эмоциональные реакции.

Окончательный вид пульта — на рис. 3. 14. При $s_1=s_2=s_3=1$, значение $\Phi_3=14*(2*|8-(8+2)|+3*|8-(8+6)|+1*|8-(8+1)|*(4*0.01*0.05)-0)=120$.

Комментарии. Подчеркнем, что описанные решения не просто сокращают информационный обмен или изменяют форму кодирования, но переводят процесс распознавания и принятия решения на подсознательный, интуитивный уровень и, одновременно, позволяют управлять психоэмоциональным состоянием оператора. Таким образом, значительно снижается опасность стресса (4. 3. 2.), и соответственно, вероятность ошибочных действий.

3. 4. Оценка эргономичности

3. 4. 1. Проблемы определения эргономичности

Определение уровня эргономичности (ГОСТы 23.5542-81, 29.06003-84, 29.08001-90, [76]) является непростой задачей, решение которой должно удовлетворять следующим требованиям.

Валидность. Подразумевает наличие системы показателей, которая бы давала достоверные результаты независимо от типа ЭС, особенностей контингента или группы операторов, режима работы, условий измерений (в рабочих условиях, на тренажерах) и т.д.

Количество экспериментов должно быть минимальным; необходимо иметь возможность достоверного расчета необходимых показателей.

Корреляция. Необходимым является обеспечение согласованности изменений психических, психофизиологических, объективных и субъективных показателей, а также лабораторных и натуральных измерений.

Проблема представления и обработки. Необходимо, во-первых, иметь соответствующую показателям модель представлений, и, во-вторых, адекватные способы их обработки, позволяющие использовать полученные данные для выводов об уровне эргономичности и рекомендаций по ее улучшению.

Следует подчеркнуть, что *ни одна из нескольких десятков существующих на сегодняшний день методик не удовлетворяет одновременно всем пере-*

численным требованиям. Так, при непосредственном измерении показателей предметно-функциональной деятельности оператора с последующим построением взвешенного графа деятельности оператора и анализа его критических путей для разных режимов работы [89, 117], хотя и достигается достоверность, но требуется проведение большого числа измерений. Выяснение корреляции с психофизиологическими показателями, уровнем мотиваций и т.д. также требует дополнительных исследований. Приведем пример.

Задача 3. 5. Сравнение эргономичности вариантов пульта КТС.

Постановка. Покажем порядок построения взвешенного графа и возможности применения некоторых упрощенных оценок.

Решение.

1. Определение режимов работы оборудования и действий оператора.

Исходя из проектной документации и описанного в предыдущем разделе решения, имеем 8 режимов (заправки топлива, перехода на АМТ, 3 варианта останова двигателя, слива топлива, насосного слива, аварийного дренажа), в ходе которых выполняются, при переходе на ручной режим управления, для исходного варианта — 3-10, и для предлагаемого — 3-5 действий управления.

2. Измерения. Для всех операций каждого из режимов следует определить: время перемещения глаз, фиксации, распознавания ситуации, принятия решения, перемещения конечностей, нажатия или поворота, а также вероятности ошибочных действий (настройки аппаратуры выполняются до начала работы и здесь не учитываются). Измерения выполняются для отобранных групп операторов; в этом случае минимально необходимое для получения статистически достоверных выборок число операторов составляет 12-15. Тогда общее количество измерений составит: для исходного варианта $8*7*7*(12\div 15)\approx 4800\div 6000$ и $8*4*7*(12\div 15)\approx 2700\div 3400$. Число измерений можно сократить, производя замеры только для неповторяющихся операций в разных режимах; при этом придется принять одинаковую вероятность их ошибочности.

3. Построение и анализ взвешенного графа предметно-функциональной деятельности оператора. Проведя статистическую обработку данных, получим, умножая вероятности совершения ошибок на время выполнения операций и отображая перемещения как ребра, а события как вершины, взвешенный граф, деятельности оператора. Судить об эффективности решений необходимо, сопоставляя выраженные в условных единицах длины путей, соответствующих выполнению технологических операций. Поскольку для предлагаемого варианта количество операций, а также измеряемые показатели меньше, чем для исходного (за исключением времени нажатия и поворота, равных в обоих случаях), он и оказывается лучшим. Дальнейший анализ предполагает сравнение критических путей, а также выявление отдельных ребер максимальной длины с целью определения рекомендаций по улучшению мелких деталей дизайна.

4. Применение упрощенных оценок. Как видно из пункта 3, качественный вывод о предпочтительности какого-либо варианта можно сделать проще. А именно, в тех случаях, когда уменьшение количества приборов и операций не приводит к увеличению вероятности ошибочных действий, целесообразно

использовать оценки, основанные на сравнении числа приборов и органов (53 и 17), а также суммарного количества операций (56 и 32). При этом косвенно констатируется снижение информобмена. Возможно конкретизировать, за счет чего достигнуто снижение, измерив отдельно время фиксации, или воспользовавшись справочными данными [120, с. 24] (табл. 3. 2., с.99). Эти данные позволяют сделать вывод о преимуществе выбранной формы кодирования.

Выводы. Как видно из рассмотренного примера, использование существующих методик непосредственного измерения параметров операторской деятельности, в том числе упрощенных, предполагает «расшифровку» полученных графов, если преследуется цель дать рекомендации по улучшению конструкторских и дизайнерских решений. Возможность прямой оценки эстетических качеств отсутствует. После расшифровки возможны лишь частные, не связанные в систему рекомендации, относительный вес которых, а также привязка к качествам «целостность», «совместимость» и т.д., нуждается в уточнении. Устранить эти недостатки, используя данные психофизиологических измерений также не всегда возможно, т.к. дискуссионными остаются выбор валидных показателей, их взаимная корреляция и корреляция с условиями измерений.

Таблица 3. 2. *Длительность зрительной фиксации для СОИ КТС⁷.*

| Режим | Исходный образец | | Предлагаемый вариант | |
|------------------|------------------|-----------|----------------------|-----------|
| | число фиксаций | время, с. | число 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 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| Суммарные | 27 | 7.9 | 14 | 2.8 |

Например, в [44] предлагается интегральный показатель, составленный по результатам 4 типов измерений, в [5, с.110] доказывается необходимость увеличения их числа до 6, в [61, с.9-26] утверждается, что достаточно использовать только биоплазмограмму. Кроме того, возможен выбор между общими и специализированными методиками.

Наконец, как уже неоднократно подчеркивалось, проблема адекватного представления данных и моделирования процессов также далека от окончательного разрешения по причине ограниченных возможностей существующего математического аппарата.

Исходя из этого, применение волновых моделей Сп оказывается целесообразным как для разработки систем объективных и субъективных показателей качества ЭС, так и для обработки и представления экспериментальных данных.

Отметим, что поскольку целостность и совместимость ЭС выражаются в их компоновке, окраске и т.д. в соответствии с законами композиции и вос-

⁷ Данные выборочные для некоторых режимов.

приятия, система показателей должна быть *эстетической и основанной на МЧС*. Такие соображения были положены в основу описываемой ниже системы, разработанной в рамках договорной работы с Институтом медицины труда.

3. 4. 2. Система эстетических показателей на основе МЧС

Необходимо исходить из того, что в процессе проектирования прорабатываются антропометрическая, биомеханическая и т.д. совместимости, основанные на хорошо известных нормативах и расчетах [116, 117, 120, 121]. Поэтому, для упрощения оценки, целесообразно не включать в нее непосредственное измерение этих показателей, рассматривая соблюдение нормативов в качестве безусловных ограничений.

Эффект от применения эргономических рекомендаций, согласно [37, с.5], характеризуется *ростом производительности труда* (табл. 3. 3., с. 100).

Эти данные следует оценивать как ориентировочные, поскольку они отличаются значительной групповой и индивидуальной вариабельностью и расходятся с данными других источников [90, с.5]. Отмечаются также *снижение брака и травматизма, уменьшение внутрисменных потерь времени, повышение содержательности труда и общей культуры операторов* [60, 90]. Применение эстетических приемов при проектировании СОИ и ОУ приводит к *уменьшению энтропии системы, сокращению времени перемещения глаз, фиксации и опознавания, а также времени принятия решения, перемещения конечностей и управляющих действий* [101, 117, т.5, гл.5-8, т6, 70, 120].

Таблица 3. 3. Прирост производительности труда при улучшении производственной среды

| Фактор | Рост производительности труда, % |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Рационализация рабочей позы | 5-25 |
| Рационализация рабочих движений | 5-27 |
| Оптимизация температуры и влажности | 1.5-25 |
| Уменьшение шума | 5-10 |
| Улучшение освещения | 1.5-30 |
| Оптимизация цветового климата | 2-15 |
| Повышение интереса к труду | 3-25 |
| Снижение физических усилий | 3-40 |
| Улучшение формы рукояток | 3-30 |
| Рационализация труда и отдыха | 4-25 |
| Рационализация СУ | 2-15 |
| Использование музыки | 5-15 |

Однако такая оценка не позволяет проанализировать вклад каждого из эстетических показателей, степень реализации его потенциальных возможностей и т.д. и, следовательно, указать пути совершенствования дизайнерских решений. Величина вклада также нуждается в уточнении, т.к. зависит от мнения экспериментатора, что относить к эстетике, а что к технологии, конструкторским решениям и т.д.

Поэтому учитывать влияние эстетики необходимо методом экспертных оценок, внося, таким образом, в основанную на МЧС шкалу соответствующие калибровки. При этом желательно использовать принятые для технической эстетики категории, знакомые специалистам-дизайнерам, естественно, уточнив и зафиксировав их смысл и определив приоритеты и пределы оценок.

Существует возможность расчета, по крайней мере, некоторых физиологических показателей на основе МЧС (см. 2. 3.); и обратно, калибровки МЧС по ним. Однако, ввиду отсутствия в источниках конкретных экспериментальных данных, можно лишь констатировать, что эстетическое воздействия способствует поддержанию физиологических показателей в оптимальных пределах, *в том числе по соотношению, равному или производному от Φ* и, следовательно, *эстетические показатели должны коррелировать с биоритмическими характеристиками.*

Окончательно, *обобщенная оценка эстетического воздействия должна складываться из групповых и единичных оценок соответствия реальных показателей предсказываемым для каждого элемента, слоя и типа восприятия, взятых с весовыми коэффициентами, пропорциональными их потенциалам.*

А. Описание, приоритетность и соответствия категорий.

Тектоника — характеризует целостность ЭС, т.е. «прозрачность» ее работы для оператора (последовательность, предсказуемость, «образность» хода технологических операций), выраженное в организации СОИ, и соответствии ОУ врожденным реакциям оператора. Таким образом, тектоника оценивает степень интуитивно воспринимаемого единства формы представления информации и ее содержания, взаимную «согласованность» компонентов ЭС. Приоритет этой категории наивысший; она определена для первого и всех последующих уровней организации системы.

Структурированность — характеризует восприятия оборудования, как единого целого, единство ее стиля в целом и стиля элементов, их взаимную согласованность, образность, общность тональности и колористики. Таким образом, структурированность оценивает степень «выделенности» СОИ и ОУ на неструктурированном «фоне», их способность привлекать и удерживать внимание, определять эмоциональный тонус оператора. Приоритет этой категории ниже; она определена для второго и следующих уровней.

Организованность объемно- планировочная — характеризуют качество организации и соответствия СОИ и ОУ (*уравновешенность- неуравновешенность, наличие или отсутствие функциональной симметрии, статичность или динамичность*), т.е. согласованность формы кодирования и динамики изменения параметров и перемещений органов управления. Таким образом, объемно- планировочная организованность соответствует бинарным оценкам, т.е. третьему и последующим уровням, и определяет степень гармонии основных функциональных структур оборудования. Приоритет этой категории еще ниже.

Организованность пространственная, временная, информационная — характеризует *форму, пропорции, размеры, масштаб⁸, ритм, нюанс, метрические повторы* композиции элементов СОИ и ОУ; *последовательность, ритм, темп* работы приборов и органов управления; *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.

Б. Качественные и балльные оценки.

Обобщенными показателями являются: оценки тектоники и структурированности; групповыми — оценки организованности объемно-планировочной, пространственной, временной, информационной, рецепторной; единичными — оценки уравниваемости-неуравниваемости, 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, светозвуковых 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.

⁸ Обязательно — по отношению к антропометрическим и биомеханическим показателям оператора.

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

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.9)$$

* выборочная дисперсия

$$D(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (3.10)$$

* среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{D(x)} \quad (3.11)$$

В дальнейшем возможны два варианта использования полученных величин, в зависимости от квалификации экспертов (см. пункт В):

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. Послойно определяются взвешенные групповые и обобщенные оценки:

$$X = P_{\min} + \frac{P_{\max} - P_{\min}}{4} (\bar{x} - 1), \quad (3.12)$$

где P_{\max} и P_{\min} — максимальные и минимальные баллы для каждого из слоев, определяемые из табл. 3. 4, с.104.

4. Рассчитывается *условная суммарная оценка показателей*⁹:

$$X_s = \sum_{k=1}^5 X_k \quad (3.13)$$

Эта оценка определяет общее экспертное заключение:

239 < X_s < 278 — «плохо»;

279 < X_s < 334 — «удовлетворительно»;

334 < X_s < 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_s

$$X_{sk} = X_s \cdot \Phi^{k-1} \quad (3.14)$$

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.

Таблица 3. 4. Эстетические показатели эргономичности

| № | Показатели | | | Значения в баллах | | |
|---|------------|---------------------|---|-------------------|-----|-----|
| | уровня | 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, информа- | | 24 | 37 |

⁹ Согласно МЧС, оценки второго и последующего уровней представляют собой доли от оценки первого уровня; здесь они суммируются только ради большей наглядности.

| № | Показатели | | | Значения в баллах | | |
|---|------------|------------------------------|--|-------------------|-----|-----|
| | уровня | обобщенные | групповые | единичные | min | max |
| | | ционная | | | | |
| | | | 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, светозвуковые ассоциации | | | |

В. 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 представляются 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.

3. 4. 3. Определение доли эстетических факторов в повышении эргономичности.

Из табл. 3. 4. видно, что доля эстетики определяется основным характером деятельности оператора и применяемыми средствами компенсации.

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 определяют*

ся 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:

$$V = \frac{\Phi \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{3}, \quad (3.15)$$

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 целесообразна для: сбора и приведения к формальному виду экспертных оценок; статистической обработке; расчете условной суммарной оценки, оценок гармоничности и сбалансированности; расчете показателей эффективности; графической обработке данных и результатов расчетов; обеспечении работы с базой данных.

4. Отбор и подготовка операторов

Моделирование субъективного (сенсорного) пространства. Проблема математического представления и обработки психологических и физиологических данных весьма многогранна. Наряду с хорошо разработанными разделами, такими, как статистическая обработка, имеются и другие, развитие которых требует особого математического аппарата. К ним относится моделирование сенсорного пространства, рассматриваемого как *абстрактное множество элементов структуры личности с заданными, имеющими двоякую (объективную и субъективную) детерминацию, отношениями* [66, с.23]. Реальное субъективное пространство имеет следующие отличительные черты:

- не выполняются метрические аксиомы: симметрии ($d(x,y)=d(y,x)$) и треугольника ($x,y,z \in M \rightarrow d(x,y)+d(y,z) \geq d(x,z)$) [66, с.41]; можно указать и на примеры невыполнение аксиомы тождества ($d(x,y)=0 \Leftrightarrow x=y$).

Так, при уже упоминавшемся «превращении головастика в лягушку» качественный скачок происходит при накоплении некоторого числа признаков; до этого момента $d(x,y) \neq 0$, но $x=y$. Вследствие субъектного влияния на процедуру измерения результаты могут быть одинаковы при нетождественности личностных характеристик, т.е. $d(x,y)=0$, 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.

Чаще всего [66] для отображения характеристик применяется их представление в многомерном евклидовом пространстве [32, 109]; связи выражаются как функциональные зависимости или посредством номограммно-ключевого метода [85]. Например, при обработке теста-опросника ЕРІ Айзенка выполняются следующие операции. Ответы на вопросы («да», «нет») оцениваются как 0 или 1 в зависимости от совпадения с ключом. Проверяется искренность (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 другие характеристики [49, с.35-41]. Нетрудно заметить, что при этом заранее предполагается выполнение метрических аксиом, равнозначность ответов, неизменность размерности и фиксированность внешних связей (искренность, социальное ожидание), что не соответствует указанным особенностям. Это негативно отражается на точности результирующих оценок.

Поэтому целесообразно применение системного подхода [33, 38, 100] и использование волновых и объектных моделей, в частности, для:

- определения связей организма с внешней средой — субъективное пространство следует моделировать как МЧС;

- исследования связи психических и физиологических характеристик — субъективное пространство моделируется как Sp^+ ;
- составления психологического портрета личности и определения весов отдельных составляющих — субъективное пространство моделируется как одна из двух ветвей Sp^+ ;
- представления данных измерений (4. 1.) — субъективное пространство моделируется в виде анизотропного E^n (n - переменная актуальная размерность) (рис. 4. 1); измеряемая характеристика — в виде вектора, составляющие которого имеют веса, пропорциональные длинам единичных векторов. В этом случае игнорируется реальная неаддитивность взаимодействия составляющих. Возможно введение мер гармоничности и сбалансированности (аналогично 3. 4.).

Ввиду общности аппарата, применение таких моделей позволяет легко установить связи процессами операторской деятельности.

Обеспечение целостности ЭС — основа отбора и подготовки операторов. Правильная подготовка оператора столь же важна для обеспечения целостности, что и разработка оборудования. Требования, которым она должна удовлетворять, также вытекают из условий (1.13-1.15). Поэтому в ходе отбора, обучения и контроля операторов должны выявляться, развиваться и проверяться профессиональные качества, соответствующие данной в 3. 4. оценке:

- 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;
- стойкость к «цветового шоку», 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 геометрического 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.

4. 1. Психологическое исследование оператора

Для определения наличия и степени развития качеств, необходимых для работы с ИСОИ, предлагается использовать модификации известных проективных (прожективных) методов изучения личности [13, 49, 94]. Дадим им краткую характеристику и обоснуем их преимущества для данного случая.

4. 1. 1. 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]:

1. *Ассоциативные методы*, основанные на придании неоформленному материалу субъективного смысла.
2. *Интерпретационные методы*, в которых необходимо истолковать какие-либо события, изображенные на картинках.
3. *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.
4. *Методы дополнения*, когда необходимо завершить ряд, рассказ, предложение и т.д., позволяющие выявить скрытые мотивы и значимые отношения испытуемого.
5. *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 потребностями 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 цветовых 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, ассоциативные методы предлагается применять 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 (2. 3.).

В заключение 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 применяться для проведения различных сопоставлений, независимо-

го 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.*

4. 1. 2. Оценка профессиональных качеств

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. 4. 2), 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.

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 числом ошибочных ответов (отказ, немотивированное структурой исходного материала завершение, слиш-

ком 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. 4. 2.) так же, как это делалось в 3. 4. При этом необходимо исходить из того, что определяемые качества относятся к первому уровню организации.

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 гештальт-психологии.

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. 4. 3), 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 прин-

ципов интерпретации. При проверке «стандартности» эмоциональных оценок, сравнения следует проводить с данными табл. 4. 1. на с. 117.

Таблица 4. 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 |

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. 4. 4), 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.

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. 4. 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» | Роршаха, «Исправить рисунок» |

Проверка способности к ощущению пространственной, временной и информационной организованности.

Пояснения методики. Используются тесты «Дерево», «Слон», «Дом» и т.п. Испытуемый выполняет рисунки на прямоугольных листах; исходя из их расположения, детализации, пропорций, композиционных принципов, определяются эмоциональные характеристики, активность-пассивность, пространственно-временные и информационные 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. Как показано на рис. 4. 5., лист бумаги рассматривается как модель субъективного пространства-времени. Расположение рисунка в тех или иных частях листа свидетельствует о проявленности соответствующих переживаний [49, 94], влияющих на восприятие символов СОИ. Неуравновешенность, использование необычных ракурсов, нерасчлененность или излишнее внимание к деталям, непропорциональность, отсутствие единства стиля, монотонность или чрезмерное разнообразие композиционных приемов, слишком большое затраченное время характеризуют развитость ощущения организованности. Оценка — 1-5 баллов — пересчитывается согласно табл. 4. 2.

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) проставляется 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 2 и более раз) увеличение времени) влекут за собой снижение общей оценки.

Составление психологического портрета. Выводы.

Приоритетность исследуемых качеств определяется их соответствием уровням восприятия согласно МЧС; они же определяют диапазоны балльных оценок. Соответствующие данные, конкретизирующие сведения табл. 2. 2. и увязанные с масштабом условных единиц потенциала, использованным во 2 и 3 главах, приведены в табл. 4. 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 разделе 3. 4.

Рассчитывается *условная оценка профессиональных показателей*:

$$X_s = \sum_{k=1}^5 X_k , \quad (4.1)$$

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 < X_s < 382 — «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

$$X_{sk} = X_s \cdot \Phi^{k-1} , \quad (4.2)$$

и *оценка соответствия групповым показателям*, определяемая путем сравнения индивидуальных баллов со среднестатистическими для данной группы или контингента. Для наглядного представления психологического портрета целесообразно использовать диаграммы типа показанных на рис. 4. 6 (составляющие суммарного вектора психологических характеристик развертываются на плоскость; вдоль оси абсцисс откладываются номера уровней и по-

казателей, вдоль оси ординат — длины векторов; ломаная 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 диаграмм позволяет сделать заключение о готовности оператора к работе с ИСОИ и дать индивидуальные рекомендации для обучения.

Например, отклонение оценки гармоничности в меньшую сторону показывает, что развитию данного качества следует уделять первостепенное внимание. Целесообразно также провести корреляцию с культурным уровнем испытуемого (интересуется ли он литературой, живописью, прикладным искусством и т.п.). Это позволит конкретизировать рекомендации по устранению недостатков и будет стимулировать повышение культурного уровня как средства профессиональной подготовки, содействуя 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 третьей главе комплексом средств обеспечения сбора предпроектной информации и автоматизации проектирования ИСОИ и ОУ.

4. 2. Оценка работоспособности

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 методики, позволяющей выбрать, измерить и необходимые показатели — *«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»* [44, с.5,88].

Итак, используется неоднородный набор методик, в котором можно выделить следующие группы:

- универсальные и специализированные методики;
- методики, основанные на измерении физиологических показателей (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 (тре-нажерных) исследований и измерений в условиях производства. Например, в [61, с.9,11] констатируется *«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»* и 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 при-

менение 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 (в лабораторных условиях и на производстве; выбор интервалов; корреляция, показателей измеряемых с определенными интервалами), точность измерений — открытость Сп; его эволюция под действием внешних факторов; изменяемость координатной системы и С- множеств и элементов в процессе эволюции и акта измерения, сохранение инвариантов при переходах $Сп \leftrightarrow ОМ$, метризация ОМ.

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 ОМ 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.

Для примера приведем одну из методик определения *интегрального показателя работоспособности* $K_{ин}$.

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 физической и умственной работоспособности, следует положить оценку состояния центральной нервной системы, как показательную для функционального состояния 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. Дервянко, 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. 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. Двухкнопочный световой генератор с 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:

$$K_{об} = \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta + \gamma}, \quad (4.3)$$

где α - количество случаев, когда значение показателей не изменялось по сравнению с показателями до начала работы (исходный фон); β - количество случаев улучшения показателей; γ - 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 $K_{ин}$:

$$K_{ин} = \frac{\sum K_{об}}{m}, \quad (4.4)$$

где m - число 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 (2. 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. Измерения проводились только в производственных условиях, поэтому нет возможности провести корреляцию с лабораторными данными. Результаты сравнения показателей представителей разных профессий свидетельствуют об однонаправленности изменений, т.е. правильно выбранной координатной системе и правильно организованной процедуре измерения.

3. Ранжирование показателей, как это видно из (4.4), 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 Баевского [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], а также сравнение с субъективными оценками состояния оператора.

Рассмотрим, какие предсказания и рекомендации относительно исследования работоспособности по проблемам 1-4 (5-ая, ввиду ее сложности, выносятся в отдельный раздел) следуют из анализа МЧС.

МЧС интерпретируется (рис. 4. 7): Sp^+ — как система измеряемых показателей; Sp^- — как совокупность средств измерения, включая координатную систему; воздействия С и О — как, соответственно, совокупность наблюдений и методик, а также внешних условий измерений. Тогда:

- самоорганизация Sp определяет выбор показателей и средств измерения (количества уровней, характеристик, показателей, независимых методик комплекса, соответствующих какому-либо виду 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 С и О — 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 PC -диаграмме (рис. 4. 8). Подчеркнем, что согласно свойству 3. 8. [58], групповой показатель не будет сводиться к механической сумме единичных. Соответственно различаются и методики;

* детализация измерений, т.е. использование группового или и 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. 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

4. 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 вытекает не только обычное требование проведения экспериментов в одинаковых условиях и на основании одинаковой методики, но и следующее положение:

4. 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:

4. 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:

4. 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 4. 1.-4. 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 Сп. Необходимо:

1. Ранжировать характеристики по слоям.
2. Определить количества и состав неизмеренных характеристик.
2. Рассчитать по (3.1-3.34) [58] их относительные значения.
3. Определить связь измеренных величин с потенциалами.
4. Произвести калибровку и определить абсолютные значения неизмеренных показателей.

Примеры такого расчета приведены ранее (пределы времени интенсивной работы оператора — в 2. 3., возможный прирост производительности труда при проведении эргономических мероприятий — в 3. 4. и т.д.).

Возможно применение полученных данных для проверки базовых гипотез, определения индивидуальных отклонений показателей и т.д.

4. 3. Координация изменений показателей

Выяснение координаций при развитии психофизиологических процессов — чрезвычайно сложная задача ввиду их большого количества и разнокачественности, что отражает сложность человека как психофизиологической систе-

мы. Не просматривается надежды на достижение в обозримом будущем не только понимания сути процессов, но даже выявления всех соответствий.

Тем не менее, закономерности системной организации имеют место, и, следовательно, использование предсказаний МЧС правомерно. Рассмотрим, какими средствами располагают ОМ для описания механизмов координации показателей, а также прогноза развития процессов адаптации и патологии.

4. 3. 1. Схемы согласования показателей

Исходные положения. Поскольку, согласно 2. 1., организация и состояние динамического равновесия оператора и производственной среды описываются как структуры и обмена МЧС (2. 1.), то:

4. 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 модальностей 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 Sp^+ , т.е. изменение не только калибровки вектора характеристик, но и модальностей существования, следовательно, и РС- диаграммы Sp^+ .

Таким образом, из условий стабильности организации системы (2. 4.) следуют ограничения процессов адаптации, развития патологии и регенерации:

4. 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:

4. 7. *Если для последнего из задействованных в процессе адаптации уровней допустимые пределы изменения показателей удовлетворяют 4. б., то для предыдущих (1, 2, ..., k, считая от последнего) они рассчитываются:*

$$\frac{\pi_{i,n} \cdot i_n}{\Phi^k \cdot i_{n-k}} \div \frac{\pi_{i,n} \cdot i_n}{\Phi^{k-1} \cdot i_{n-k}}, \quad (4.5)$$

где i - количество элементов последнего слоя n .

Отсюда непосредственно следуют

4. 8. *Условиями, делающими возможным возникновение патологических процессов, является превышение указанных в 4. 6.- 4. 7. пределов.*

4. 9. *Условиями, делающими возможной регенерацию, являются внешние воздействия, позволяющие вернуть потенциалы показателей жизнедеятельности в пределы, указанные в 4. 7.*

Как видно из (4.5), 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 (4.5). 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, описанными в предыдущем разделе.

Рассмотрим, какие формы согласований предсказывает МЧС.

1. *Согласование, основанное на симметрии организации и показателей.*

Согласно 2. 1., симметричными являются компоненты одного уровня, принадлежащие одному С- множеству, либо разным С- множествам симметричных ветвей Sp^+ (рис. 4. 9а,б). В последнем случае симметричные элементы соответствуют друг другу попарно (рис. 4. 8б). 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:

$$\{sign\Delta x_1\} = \{sign\Delta x_2\} = \dots = \{sign\Delta x_n\} \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} \{sign\Delta x_1\} &= \{sign\Delta x_1^s\} \\ \{sign\Delta x_2\} &= \{sign\Delta x_2^s\} \\ &\dots \\ \{sign\Delta x_n\} &= \{sign\Delta x_n^s\} \end{aligned} \quad (4.7)$$

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.

2. *Согласование, основанное на кососимметричных отношениях.*

Этот процесс имеет место для компонентов, относящихся к одному уровню, но принадлежащим кососимметричным ветвям (рис. 4. 10). В этом

случае показатели попарно кососимметричных элементов либо остаются постоянными, либо изменяются с разными знаками:

$$\begin{aligned} \{sign\Delta x_1\} &= -\{sign\Delta x_1^S\} \\ \{sign\Delta x_2\} &= -\{sign\Delta x_2^S\} \\ &\dots \\ \{sign\Delta x_n\} &= -\{sign\Delta x_n^S\} \end{aligned} \quad (4.8)$$

Примерами (4.8) являются процессы формирования доминантного очага возбуждения, характеризующегося развитием торможения на периферии, а также ультрапарадоксальные реакции на малые раздражители.

3. *Согласование, основанное на отношениях принадлежности.*

Такое согласование происходит между С- множеством и его С- элементами (рис. 4. 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:

$$\{sign\Delta\hat{x}_{1,i}\} = \dots = \{sign\Delta\hat{x}_{n,i}\} = \{sign\Delta\hat{x}_{i-1}\}, \quad (4.9)$$

где i - номер слоя элементов, а $i-1$ - номер слоя С- множества.

При этом пределы изменения показателей определяются условиями (4.5).

Возможно, эта схема лежит в основе образования «порогов чувствительности» — накапливание изменений в рецепторах первого уровня при превышении пределов (4.5) приводит к качественному изменению состояний рецепторов следующего уровня.

4. *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 2. 1., сразу несколько уровней организации даже в том случае, если действует только один внешний фактор (рис. 4. 12).

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 световые раздражители, снижением остроты зрения до 0.7 ед., усилением активности β - ритма мозга, затем синхронизации ν - и Δ - ритмов и ослаблением α - и β - 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 которой может приведение показателей к единой мере, анализ их чувствительности и т.д. (4. 2.).

Теперь рассмотрим случай выхода за пределы (4.5).

5. 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. 2. 2). Формально это выразится в изменении параметров i и n в (4.6-4.9) и во включении в перечни согласуемых показателей характеристик Sp^- , т.е. реализации условий целостности для всего Sp (1.13-1.15).

Примерами таких согласований являются формирование нейронных цепей условно-рефлекторных связей в ответ на повторяющийся раздражитель, или, шире, процесс адаптации в целом, а также развитие и ликвидация патологии, которые сейчас и будут рассмотрены.

4. 3. 2. Развитие адаптации и патологии

Рассмотрим, как изменяются модальности существования и состояния и перераспределяется потенциал в ходе расслоения-свертки (P-CB) [58, с.70].

Согласно аксиомы 1. 5., солитон образуется из волны при внешних воздействиях С и О. Поскольку (свойство 3. 3.) образование $\bullet+$ будет обязательно сопровождаться образованием кососимметричного ему $\bullet-$, то механизм возникновения солитона следующий. Внешние воздействия (\mathbf{H}) инициирует взаимное погашение $(\cup \rightarrow \cup) \rightarrow \cup \downarrow, \mathbf{II}$ двух половинок кососимметричных волн. Оставшиеся половины превращаются в солитоны, т. к. утрачивают возможность изменяться по закону периодических колебаний. Учитывая установленную свойством 3. 4. двойственность множества и элемента, имеем сценарий расслоения:

1. Под влиянием С и О актуализируется Sp (аксиома 1. 1.): ${}^{\circ}\mathbf{II} \rightarrow {}^{\circ}\mathbf{A}$;

2. Затем происходит одновременный (в силу свойства 3. 3.) переход:

$$\mathbf{H}\{\cup_{+1} \rightarrow \bullet_{+1}; \cup_{-1} \rightarrow \bullet_{-1}\}$$

В этом случае нет необходимости в погашении половинок волн.

3. Последующие расслоения С- множеств происходят в таком порядке:

- переход одной из волн последнего слоя в солитон: $\cup \rightarrow \bullet$;
- образование волн на “поверхности” солитона так, чтобы их суммарное число было равно индексу соответствующего слоя: $\bullet \rightarrow \cup \cup$.

Погашение половинок волн при их переходе в солитоны рассматривается как уменьшение потенциала Sp в целом, его рассеивание в U . Отсюда следует необратимость эволюции Sp ; ее выражением служит свойство 3. 6.: Пусть потенциал волн слоя n равен π_n . Тогда $\pi_n > \pi_{n^*}$, где π_{n^*} - потенциал после $\{\cup \rightarrow \bullet, P_{n \rightarrow m} C_{v_{m \rightarrow n}}\}$, $m > n$.

При свертке, в ходе перехода С- элементов в состояние потенциального существования, суммарный потенциал Sp уменьшается.

Аксиомы не определяют, компенсируют ли воздействия С и О эти потери; в зависимости от дополнительных предположений возможны различные сценарии расслоения-свертки (1.13-1. 15).

Итак, 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 S_p 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. 4. 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.

Можно заметить, что эти стадии соответствуют ходу эволюции S_p :

1) $H^{\circ}P(\square AP(\cup \bullet A))$, т.е. оптимальному распределению характеристик актуально существующих S - 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 A к Π . Переход от угасания к исчезновению знаменует начало развертывания патологии.

Таким образом, схемы и характеристики «критических» стадий эволюции S - пространства адекватны стадиям стресса, откуда непосредственно вытекает следующая, нуждающаяся в экспериментальной проверке гипотеза:

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. 4. 6., 4. 7. Характеристики стресса (продолжительность стадий, согласованность и допустимые пределы изменения показателей, уровень резистентности) могут быть получены как статические и динамические харак-*

теристики откалиброванной волновой модели $Сп$ и приблизительно рассчитаны как инварианты откалиброванной $ОМ Сп$.

Принятие этой гипотезы в качестве рабочей позволяет разрабатывать мероприятия по предотвращению реализации стадии истощения исходя из условий поддержания постоянного (на грани расслоения-свертки) состояния $Сп$. Вновь рассмотрим задачу поддержания оптимальной работоспособности.

Задача 4. 1. *Изыскание дополнительных возможностей поддержания высокого уровня работоспособности оператора.*

Постановка. В предыдущих разделах 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. Сопоставим выраженные в условных единицах графики изменения резистентности (рис. 4. 13) и производительности (рис. 4. 14). 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 рынок») 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 $Сп^+$ и $Сп^-$ как компонентов аппарата ТС) и, во-вторых, обеспечить интуитивное восприятия «удаленных» (2. 2.) 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 $○ \rightarrow ●$ (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, не-контрастный 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 2. 2.-2. 4. рекомендаций. Далее, необходимо чередовать фазы интенсивного, умеренного труда и отдыха в соответствии с расчетными (задача 2. 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⁺, 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.

Патологические изменения. Рассматривая процессы возникновения и развития патологии, а также регенерации в результате активизации иммунной системы организма как следствия балансирования на грани расслоения-свертки (4. 6.-4. 9.), можно сделать следующие заключения.

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.

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 4. 6.-4. 7., не компенсируемому за счет перераспределения потенциалов внутри Сп⁺.

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.

Профилактика и лечение. Не затрагивая медицинских аспектов, подчеркнем цель эргономических мероприятий:

4. 11. *Целью эргономических мероприятий, проводимых для профилактики и лечения профессиональных заболеваний операторов, является обеспечение условий целостности при организации взаимодействия оператора с оборудованием и производственной средой. Необходимо проектирование среды, позволяющей не только компенсировать дисгармоничность структур оператора и патогенность производственных факторов, но и повысить его потенциал и нормализовать его распределение.*

4. 4. Обучение

Технология работы с ИСОИ требует усовершенствования обучения.

4. 4. 1. Модель обучения как модификация МЧС

Цели обучения. 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 (3. 4.) и психофизиологических показателей (4. 1.-4. 2.) показывает их тесную взаимосвязь, возможную при соблюдении условий целостности. Таким образом:

4. 11. *Целью обучения оператора должно быть обеспечение целостности системы оператор — ИСОИ и ОУ — среда в процессе последующей производственной деятельности.*

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:

4. 12. Модель подготовки, лежащая в основе организации обучения и выбора обучающих средств, должна соответствовать С- графу 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⁺, «среда обучения» (преподаватель, технические и пр. средства) — как Сп⁻.

Выявление инвариантов модели подготовки включает:

1. *Определение количества стадий обучения* производится исходя из количества уровней организации ЭС. В соответствии с данными 3. 4., таких уровней насчитывается 5. 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 3. 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 и т.д. 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. 4. 15). Далее производится калибровка, что подразумевает:

4. *Определение характеристик и показателей обучения* производится согласно табл. 3. 2. (характеристики) и 4. 2. (психологические показатели), а при необходимости — и данными раздела 4. 2. (физиологические объективные и субъективные показатели) в ходе тестирования и психологических измерений. Распределение характеристик по стадиям обучения дано на рис. 4. 16.

4. 4. 2. 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 4. 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,¹ выделим только самые необходимые требования:

¹ Например, [63] имеет объем 303 с.

- 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.

5. 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. 4. 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 |

| Этап | Цели занятий | Краткая характеристика содержания занятий | Средства обучения | Формы контроля |
|--------------------|--|--|--|---|
| Переход ко второму | Отработка эмоциональной и вербальной перекодировок несмысловых композиций п. 1, а также действий по исправлению их негармоничности; проверка устойчивости к «цветовому шоку» | Практические — формирование целостных ассоциативных цепочек «композиция — эмоциональное 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. |
| 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 |

| Этап | Цели занятий | Краткая характеристика содержания занятий | Средства обучения | Формы контроля |
|-----------------------|---|---|---|---|
| Переход к чет-вертому | Отработка эмоциональной и вербальной перекодировок несмысловых композиций п. 3, а также адекватности, силы и точности реакций на нарушение их целостности | Практические — формирование целостных ассоциативных цепочек «композиция — ощущение уравновешенности — слово — действие», основанных на их общих калибровочных инвариантах | Набор «неправильных» композиций; тренажер-генератор композиций, имитирующих реальные кодировки СОИ и набор ОУ, содержащий средства их коррекции | Оценка, выставляемая исходя из подсчета неправильных ассоциаций и действий, затраченного времени и т.д. |
| 4. | 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» простых несмысловых композиций; тренажер-генератор динамических композиций, содержащий средства их коррекции | Оценка, выставляемая исходя из подсчета неправильных ассоциаций и действий, затраченного времени и т.д. |

| Этап | Цели занятий | Краткая характеристика содержания занятий | Средства обучения | Формы контроля |
|------|--|--|---|---|
| 5. | Отработка интуитивного восприятия единства формы представления и содержания ситуации и определения тенденций ее развития, а также действий в штатных и аварийных ситуациях | 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 тестирование согласно 4. 1. Итоговый зачет и заключение о профессиональной пригодности для работы с ИСОИ |

Данные табл. 4. 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.

Заключение

Оценивая прикладные возможности разработанного в [58] аппарата, следует подчеркнуть, что он позволял моделировать такие разнородные компоненты, процессы и взаимодействия эргатических систем, как СОИ и ОУ; обмены человек — среда, оператор — оборудование; составляющие операторской деятельности (восприятие, решение и т.д.) с единых методических позиций. Это позволило формализовать условия целостности для ЭС и ее компонентов и использовать теоретически предсказываемые сценарии и характеристики самоорганизации С-пространства для исследования и совершенствования операторской деятельности, проектирования систем отображения информации, органов управления, отбора и подготовки оператора, оценки эргономичности эргатической системы. В свою очередь, наличие общих закономерностей, позволяет избежать неурядиц, связанных с согласованием и «притиркой» компонентов в процессе эксплуатации, что, в конечном счете повышает уровень надежности системы. Это проявляется в снятии, либо снижении остроты, ряда перечисленных во введении проблем высокоавтоматизированных технических комплексов, в частности:

- улучшении понимания обстановки оператором — за счет уменьшения и структуризации информобмена;
- повышении наглядности работы автоматизированных систем управления — за счет изменения формы кодирования и применения перспективных технических средств;
- управлении эмоциональным состоянием оператора — за счет средств компенсации эмоциогенных факторов — страха, скованности и т.п.;
- повышении устойчивости к грубым и систематическим ошибкам — за счет системы подсказок, как составной части информобмена;
- улучшении контроля за ситуацией в критических условиях и при дефиците времени — за счет перехода к интуитивному восприятию и принятию решения и действий управления, основанных на естественных реакциях, т.е. качественного изменения действий оператора.

Что же касается изменения мотиваций и приемов обучения, а также необходимости переопределения функций операторов внутри смены, неизбежных при внедрении любых средств автоматизации, то и здесь имеется основа для их целенаправленного совершенствования.

Отметим, что достигнутые результаты могут улучшаться за счет детализации моделей, использования С-операций для моделирования парадоксальных и ультрапарадоксальных реакций, а также построения объектных моделей с другими наборами инвариантов. Возможно использование одного и того же аппарата. Возможно также расширение области применения волновых моделей, и прежде всего — при проектировании производственной среды и в целях психологических и физиологических исследований.

Литература

1. Адрианова В.Е. Деятельность человека в системах управления. -Л.:Изд. ЛГУ, 1974
2. Аксенов О.Б., Будченко Г.И. Этапы создания и разработки эргономического портрета смены диспетчеров в автоматизированной системе управления воздушным движением с помощью прибора, моделирующего ошибки, и тренировочного модуля //Эргономика и труд в гражданской авиации. -К.:КИИГА, 1984. -С.92-96
3. Аксенов О.Б. Повышение эффективности эксплуатации новой авиационной техники методом поэтапного статистического группирования авиационных специалистов- операторов //Методы эргономической эксплуатации и обслуживания авиационной техники. -К.:КИИГА, 1990. -С.20-27
4. Аксенов О.Б. Эргономические принципы обучения операторов эргатических систем. -К.:РДЭНТ, 1982. -22 с.
5. Актуальные проблемы физиологии труда и профилактической эргономики. Тез. докл. 9-я Всес. конф. -М., 1990, т.1-4
6. Амосов Н.М. и др. Об одном подходе к моделированию психических функций //Кибернетики и техника вычислений. -К., 1964
7. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. -М.:Прогресс, 1974. -392 с.
8. Баевский Р.М. и др. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. -М.:Наука, 1984. -221 с.
9. Божко Ю.Г. Основы архитектоники и комбинаторики формообразования. -Х.:В.ш., 1992. -184 с.
10. Братко А.А. и др. Моделирование психической деятельности. -М., 1969. - 384 с.
11. Бугаев В.И., Ковалев Ю.Н., Скрипец А.В., Аксенов О.Б. Оптимизация набора авиаприборов с учетом рефлексных реакций на цветовые и звуковые сигналы //3-я междунар. научно- техн. конф. "Методы управления системной эффективностью функционирования электрофицированных и пилотажно- навигационных комплексов. Авионика- 95". Тезисы докл. -К.:КМУГА, 1995. -С.156
12. Бугаев В.И., Аксенов О.Б., Ковалев Ю.Н., Скрипец А.В. Новая концепция проектирования информационных систем отображения информации //3-я междунар. научно- техн. конф. "Методы управления системной эффективностью функционирования электрифицированных и пилотажно- навигационных комплексов. Авионика-95". -К.: КМУГА, 1995. -С.162
13. Бурлачук А.Ф. Исследование личности в клинической психологии. -К., 1979. -176 с.
14. Вальков К.И. Математическое моделирование сложных систем и принцип инвариантной неопределенности //Вопросы геом. моделирования, Л., 1973. -Вып.80. -С.5-55
15. Вальков К.И. Проекционный схематизм-инструмент и метод. -Л.:ЛИСИ, 1988. -82 с.
16. Ванін В.В. Евольвентно-еволютні моделі в упорядкованих потоках. Автореферат дис. ... д.т.н. -К.:НТУУ «КПІ», 1996. -39 с.
17. Васильев В.И. Распознающие системы. -К.:Наук. думка, 1983. -422 с.
18. Васильева Ю.С. Производственная эстетика и эффективность труда. - М.: Экономика, 1968. -134 с.
19. Васютинский Н.А. Золотая пропорция. -М.:Молодая гвардия, 1990. -238 с.
20. Вейль Г. Симметрия. -М.:Наука, 1968. -192 с.
21. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации. М.:Машиностроение, 1982. -344 с.
22. Волков А.П., Жоголь Л.Я. Цвет в интерьере промышленных зданий. -К.: Будвельник, 1980. -34 с.
23. Всеобщая история архитектуры. В 12- ти томах. -М.:Стройиздат, 1966-72

24. Вудсон У., Коновер Р. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М.: Мир, 1968
25. Висоцький А.М. Геометрична інтерпретація деяких проблем сприйняття людиною архітектурного середовища // Міжнар. науково-метод. конф. "Геом. моделювання. Інж. та комп. графіка". Тези. -Л.: Вид. ДУЛП, 1994. -С.34
26. Высоцкий А.Н. Геометрическое моделирование структуры чувственного пространства человека // Прикл. геом. и инж. графика.-К.: КГТУСА, 1994.-Вып.57.-С.77-81
27. Высоцкий А.Н., Ковалев Ю.Н. Геометрические аспекты восприятия человеком окружающей среды // Звіт на науково-техн. конф. наукових колективів університету за 1994 рік.-К.: КМУГА, 1994
28. Герасимов Б.М. и др. Человеко-машинная система принятия решений с элементами искусственного интеллекта.-К.: Наука, 1993.-183 с.
29. Голан А. Миф и символ.-М.: Русслит, 1993.-375 с.
30. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем.-Л.: Наука, 1982.-269 с.
31. Гуков В.И. и др. Техническая эстетика и стандартизация.-М., 1968.-89 с.
32. Гумен Н.С. Графоаналитические отображения некоторых геометрических образов многомерного пространства на подпространства низших размерностей применительно к решению некоторых технических задач. Дис. ... к.т.н.-К., 1969
33. Даниленко В. Я. Синергетичне моделювання простору // Міжнар. науково-метод. конф. "Геометричне моделювання. Інж. та комп. графіка". Тези.-Л.: Вид. ДУЛП, 1994.-С.12
34. Денисов В.Г., Онищенко В.Ф., Скрипец А.В. Авиационная инженерная психология. М.: Машиностроение, 1977
35. Денисов В. Г. и др. Эргономические вопросы повышения качества труда в гражданской авиации // Эргономика и труд в гражданской авиации.-К.: КИИГА, 1984.-с.3-9
36. Джапаридзе И.С. Построение конструктивных моделей пространств, их систематизация и связь с методами изображений, применяемыми в технике. Автореф. дис. ... д.т.н.-Тб.: ТПИ, 1965.-44 с.
37. Диргелайте Б. Методика по проведению анализа для определения экономической эффективности эстетических решений производственной среды.-Вильнюс, 1969.-28 с.
38. Заде Л.А., Дезоер И.А. Теория линейных систем. Метод пространства состояний.-М.: Наука, 1970.-703 с.
39. Зайцев В.С. Системный анализ операторской деятельности. М., 1990.-119 с.
40. Зараковский Г.М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности.-М., 1976
41. Зидермане А.А. Некоторые вопросы хронобиологии и хрономедицины: обзор литературы.-Р.: Зинатне, 1988.-214 с.
42. Иванов-Муромский К.А. Мозг и память.-К.: Наукова думка, 1987
43. Ивахненко А.Г. Новые акценты в теории самоорганизации моделей // Автоматика, 1981.-Вып. 6.-С. 48-61
44. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде: Методические рекомендации.-М.: Экономика, 1990.-109 с.
45. Кавун Ю.М. Организация визуального комфорта оператора средств транспорта по геометрическим параметрам. Автореферат дис. ... д.т.н.-М.: МАДИ, 1989.-33 с.
46. Казначеев В.П., Спирин Е.А. Космопланетарный феномен человека: проблема комплексного изучения. Новосибирск: Наука, 1991.-304 с.
47. Кащенко А.В. Формообразование пространственных покрытий архитектурно-строительных объектов на основе геометрического моделирования природных структур. Дис. ... к.т.н.-К.: КИСИ, 1985.-214 с.
48. Кербер Л.Л. Компоновка оборудования на самолетах.-М.: Машиностр., 1972.-304 с.
49. Киршева Н.В., Рябчикова Н.В. Психология личности: тесты, опросники, модели.-М.: Геликон, 1995.-236 с.

50. Клементьев В.Ю. Конструирование плоских моделей для отображения некоторых отношений связности геометрических множеств. Дис. ... к.т.н.-Л., 1990.-200 с.
51. Ковалев Ю.Н. Сенсорное пространство и процесс обучения //Научно- метод. конф. "Проблеми та перспективи управління якістю підготовки спеціалістів" Тези доповідей.-К.:КІЩА, 1993.-С.185
52. Ковалев Ю.Н. Геометрическая интерпретация теорий распознавания //Прикл. геом. и инж. графика.-К.:КГТУСА, 1994.-Вып.57.-С.73-77
53. Ковальов Ю.М., Чурюмов С.І., Принципи моделювання сумісних ергатичних систем //Научно-техн. конф. КМУЦА за 1995 р. Тези доповідей.-К.КМУЦА, 1996
54. Ковальов Ю.М. Закопи композиції як наслідки самоорганізації сенсорного простору //Научно-техн. конф. КМУЦА за 1995 р. Тези доповідей.-К.КМУЦА, 1996
55. Ковалев Ю.Н. Волновая модель сенсорного пространства: группы аксиом существования, состояния, взаимодействия, измерения //Прикл. геом. и инж. графика.-К.:КГТУСА, 1995.-Вып.58.-С.84-88
56. Ковалев Ю.Н. Оптимизация компоновки пультов управления //Прикл. геом. и инж. графика.-К.:КГТУСА, 1996.-Вып.59.-С.89-93
57. Ковалев Ю.Н. Аксенов О.Б. Интерпретация данных тестирования механизаторов как задача реконструкции сенсорного пространства //3-я между. конф. «Совр. Проблемы геометрич. Моделирования». Сб. трудов.-Мелитополь:ТГАТА, 1996
58. Ковалев Ю.Н. Геометрическое моделирование эргатических систем: разработка аппарата. К.:КМУГА, 1996.-134 с.
59. Ковалев Ю.Н., Аксенов О.Б. Оптимизация информационного обмена СУ ВС как средство повышения безопасности полетов //Проблемы совершенствования систем авионавигационного обеспечения и управления подвижными объектами. Авионавигация-96. Между. научно-техн. конф. Тезисы докл.-К.:КМУГА, 1996
60. Ковальов Ю.М., Чурюмов С.І. Ергономічний підхід як засіб поєднання технічних і духовних факторів //Пробл. гуманізму і духовності в контексті науково-технічного поступу. Тези доп. Наук.-практ. конф. Вінниця, 1996.-С.26-28
61. Контроль состояния человека- оператора. Тез. докл. расш. заседания секции бионики и эргономики.-М., 1970.-61 с.
62. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров.-М.:Наука, 1984.-832 с.
63. Красовский А.А. Основы теории авиационных тренажеров.-М., 1995.-303 с.
64. Крылов А.А. Человек в автоматизированных системах управления.-Л.:Изд. ЛГУ, 1972.-192 с.
65. Крылов А.А. Практикум по экспериментальной и прикладной психологии.-Л.:Изд. ЛГУ, 1990.-272 с.
66. Крылов В.Ю. Геометрическое представление данных в психологических исследованиях.-М.:Наука, 1991.-118 с.
67. Крылов В.Ю., Береговой Г.Т., Крылова И.В., Ломов Б.Ф., Хачатурьянц Л.С. К проблеме оценки и прогнозирования качества деятельности оператора по характеристикам его состояния //Вопросы психологии, 1974.-№5.-С.87-103
68. Крылов В.Ю., Артюхин Ю.П., Жуков В.М., Крылова И.А. Исследование деятельности оператора по переработке видеoinформации в условиях дефицита времени //Иссл. и моделир. деят. Человека-оператора.-М., 1981.-С.105-108
69. Куценко Л.И. Теоретические основы и геометрические приложения метода А-изображений. Дис. ... д.т.н.-Х., 1992.-653 с.
70. Лазарев Б.Н. Дизайн машин.-Л.:Машиностроение, 1988.-256 с.
71. Лановенко О.П. Художественное восприятие. Опыт построения общетеоретической модели.-К.:Наукова думка, 1987.-246 с.

72. Ломов Б.Ф. Системность как принцип математического моделирования в психологии // Вопросы кибернетики, 1979. - Вып. 50. - С. 3-18
73. Лурия А.Р. Ощущения и восприятия. - М.: Изд. МГУ, 1985
74. Майоров Ф.П. Нервный механизм сновидений. - Л.: Наука, 1970. - 148 с.
75. Математическая энциклопедия, т. 1-5. - М.: Сов. энциклопедия, 1977-85
76. Методические основы проведения эргономической оценки промышленных образцов. - М.: НИИГПЭ, 1992
77. Методы управления системной эффективностью функционирования электрифицированных и пилотажно-авиационных комплексов. Авионика-95. 3-я междунар. научно-техн. конф. Тезисы. - К.: КМУГА, 1995
78. Михайленко В. Е., Кашенко А.В. Природа. Геометрия. Архитектура. К. 1981. - 184 с.
79. Михайленко В.Е., Обухова В.С., Подгорный А.Л. Формообразование оболочек в архитектуре. - К.: Будівельник, 1972. - 205 с.
80. Навакатикян А.О. Физиологические характеристики режима труда оператора. - К.: РДЭНТП, 1979. - 24 с.
81. Найдыш В.М. Методы и алгоритмы формирования поверхностей и обводов по заданным дифференциально-геометрическим условиям. Дис. ... д.т.н. - Мел., 1982. - 512 с.
82. Нельсон Дж. Проблемы дизайна. - М.: Искусство, 1971
83. Новиков П.П. Принятие решений человеком в авиационных системах управления. - М.: Возд. транспорт, 1980. - 342 с.
84. Обеспечение безопасности полетов в новых экономических условиях. Международная научно-практ. конф. Материалы. - К.: КМУГА, 1997. - тт. 1, 2
85. Павлов А.В. Графоаналитические способы конструирования поверхностей сложной формы. Автореферат дис. ... д.т.н. К., 1967. - 26 с.
86. Павлов В.В. Начала теории эргатических систем. - К.: Наукова думка, 1975
87. Павлов В.В. Анализ стратегий в человеко-машинных системах. - К.: В.ш., 1989. - 161 с
88. Плоский В.А. Принципы анализа и синтеза методов формообразования с использованием методов общей теории систем // Прикл. геометрия и инж. графика. - К.: КГТУСА, 1993. - Вып. 55. - С. 56- 59
89. Плотников Ю.А., Тюрин П.Т. Основы практической колористики. - Р., 1978
90. Применение функциональной музыки на предприятиях. Метод. рек. - Пермь, 1973
91. Проблемы совершенствования систем аэронавигационного обеспечения и управления подвижными объектами. Аэронавигация-96. Межд. научно-техн. конф. Тезисы докл. - К.: КМУГА, 1996
92. Ревук А.Г. Принципы построения системы управления охраной труда авиапредприятия. Автореферат дис. ... д.т.н. - К.: КИИГА, 1992. - 35 с.
93. Рекомендации по цветовому решению интерьеров производственных помещений промышленных зданий. - М.: ГОССТРОЙ СССР, 1966. - 13 с.
94. Романова Е.С., Потемкина О.Ф. Графические методы в психологической диагностике. - М.: Дидакт, 1992
95. Россбах С. Фэн-шуй: искусство композиции. - Львов: Инициатива, 1996. - 187 с.
96. Сабуров А.С. Психология: курс лекций. - К.: Лекс, 1996. - 208 с.
97. Савчак Н.С. Взаємодія людини з архітектурною формою будівлі // Міжнар. науково-метод. конф. «Геом. моделювання. Інж. та комп. графіка». Тези. - Л.: ДУЛП, 1994. - С. 33-34
98. Савчак Н.С. Геометричне моделювання фрагментів інтер'єру аудиторій та їх вплив на сприйняття інформації людиною // Прикл. геометрія та інж. графіка. - К.: КДТУБА, 1993. - Вып. 61. - С. 111-115
99. Сазонов К.А. и др. САПР Intear 3.0. Новые функциональные возможности. // Прикл. геометрия и инж. графика. - К.: КГТУСА, 1996. - Вып. 59. - С. 30-33
100. Скрипец А.В., Ковалев Ю.Н., Аксенов О.Б. Применение метода компьютерной психометрики при сертификации операторов авиационных эргатических систем // Обеспе-

- чение безопасности полетов в новых экономических условиях. Международная научно-практ. конф. Материалы.-К.:КМУГА,1997.- т.2.-С.351-352
- 101.Смирнов Б.А. Инженерная психология. -К.:Вища школа,1979.-192 с.
 - 102.Сомов Ю.С. Композиция в технике.-М.:Машиностроение,1988.-288 с.
 - 103.Сороко Э.М. Структурная гармония систем.-М.: Наука, 1984.-264 с.
 - 104.Суходольский Г.В. и др. Метод оптимальной компоновки рабочего места человека- оператора. Препринт.-М.,1971.-16 с.
 - 105.Техническая эстетика и инж. психология /под ред. Я.Н.Лукина.-Л.,1972.-101 с.
 - 106.Урманцев Ю.А. Эволюционика или общая теория развития систем природы, общества и мышления.-Пушино:И-т физиологии растений АН СССР, 1988.-78 с.
 - 107.Физическая энциклопедия, т.1-4.-М.:Рос. энциклопедия,1990-96.
 - 108.Физиология /под ред. Георгиевой С.А. -М.:Медицина,1986
 - 109.Филиппов П.В. Начертательная геометрия многомерного пространства и ее приложения.-Л.:ЛГУ,1979.-280 с.
 - 110.Хакен Г. Синергетика: иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах.-М.:Мир,1985.-419 с.
 - 111.Цвет в производственной среде (Метод. указания).- М.,1967.-283 с.
 - 112.Цветаева А.И., Сараджев Н.К. Мастер волшебного звона.-М.:Музыка,1988
 - 113.Циркуляр ИКАО №234-AN/142 Человеческий фактор. Эксплуатационные последствия автоматизации в оборудованных передовой техникой кабинах экипажа.-Монреаль,1992.-Сб.№5.-53 с.
 - 114.Циркуляр ИКАО №238-AN/143. Человеческий фактор.Эргономика.-Монреаль, 1992.-Сб.№6.-46 с.
 - 115.Чабаненко П.П. Сравнительная оценка эффективности систем «человек — техника». -К.:Знание,1980.-24 с.
 - 116.Чачко А.Г. Человек за пультом: Очерки антропотехники.-М.,1974.-350с.
 - 117.Человеческий фактор, т.1-6.-М.:Мир,1991-92
 - 118.Черневич Е.В. Язык графического дизайна. - М.:Искусство,1975
 - 119.Шехтер М.С. Зрительное опознание: закономерности и механизм. -М.:Педагогика,1981.-264 с.
 - 120.Шибанов Г.П. Количественные оценки деятельности человека в системах человек- техника.-М.:Машиностроение,1983.-263 с.
 - 121.Шмид М. Эргономические параметры.-М.:Мир,1980.-237 с.
 - 122.Шредер Ю.А. Равенство, сходство, порядок.-М.,1971
 - 123.Яковлев Н.И. Графическое моделирование уровней соподчиненности элементов композиции в архитектурно-художественном формообразовании.Дис. ...к.т.н.-К.,1992.-259 с.
 - 124.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
 - 125.McCormic, E.J. and Sondors, M.S Human Factors in Engineering and Design. McGrow Hill:N.J.,1976
 - 126.Douglas Peden Wave Space Art and Geometry //The 7-th Intern. Com.Graph and Descr. Geom., Crakow, Poland,1996, pp. 52-56
 - 127.Hawkins, Frank H. Human Factors in Flight. Gower Technical Press
 - 128.Nadine B. Sarter Human Errors are Simptoms of a Mismatch between Pilots, Machins and Operating Environment //ICAO Jornal,vol. 51, № 8, october 1996 pp. 9-10
 - 129.Rasmussen, J. Reflections on the Concept in Operator Workload. Mental Workload: Its Theory and Measurment, N.Moray (Ed.), Plenum Press: N.J.,1979
 - 130.Wesley Harris, Frank J. Colson, George L. Donohou National Plan for Civil Aviation Human Factors: An Initiative for Research and Application, March 1995

131. Wiener, E.L. and Nagel O.C. Human Factors in Flight in Aviation. Academic Press:San Diego, 1988

Оглавление

| | | |
|------|--|---------|
| | Введение | с. 3 |
| 1. | Целостность организация | 5 |
| 1.1. | Волновая модель С- пространства | 6 |
| 1.2. | Адекватность волновых и объектных моделей | 9 |
| 1.3. | Обеспечение совместимости | 12 |
| 1.4. | Самоорганизация как основа компоновки | 18 |
| 2. | Моделирование деятельности оператора | 31 |
| 2.1. | Моделирование системы «человек — среда» | 32 |
| 2.2. | Восприятие | 40 |
| 2.3. | Распознавание и принятие решения | 51 |
| 2.4. | Действия управления | 62 |
| 3. | Проектирование ИСОИ и ОУ | 73 |
| 3.1. | Проектирование как формирование ОМ | 73 |
| 3.2. | Совершенствование процедуры выдвижения и предварительного отбора вариантов | 82 |
| 3.3. | Многокритериальная оптимизация | 87 |
| 3.4. | Оценка эргономичности | 97 |
| 4. | Отбор и подготовка операторов | 111 |
| 4.1. | Психологическое исследование оператора | 113 |
| 4.2. | Оценка работоспособности | 120 |
| 4.3. | Координация изменения показателей | 127 |
| 4.4. | Обучение | 135 |
| | Заключение | 145 |
| | Сокращения и обозначения | 146 |
| | Литература | 147 |

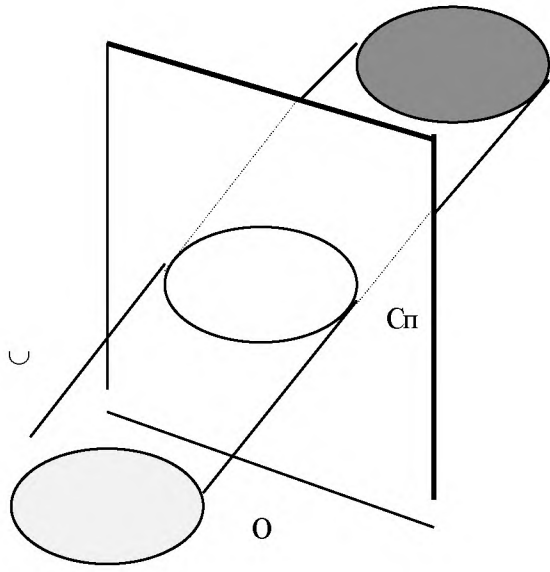


Рис. 1.1

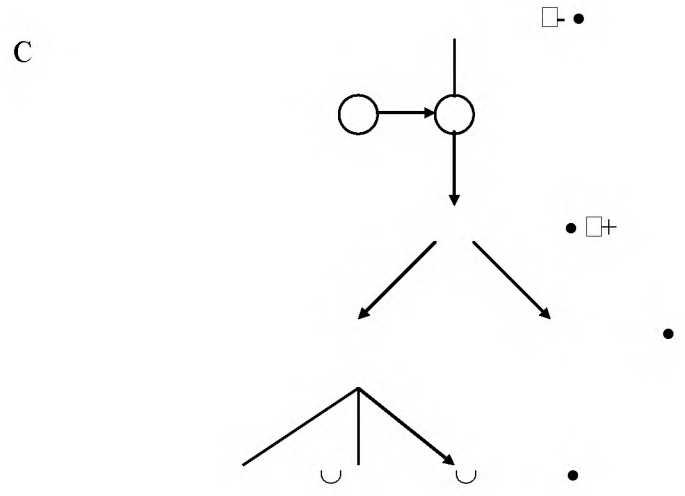


Рис. 1.3

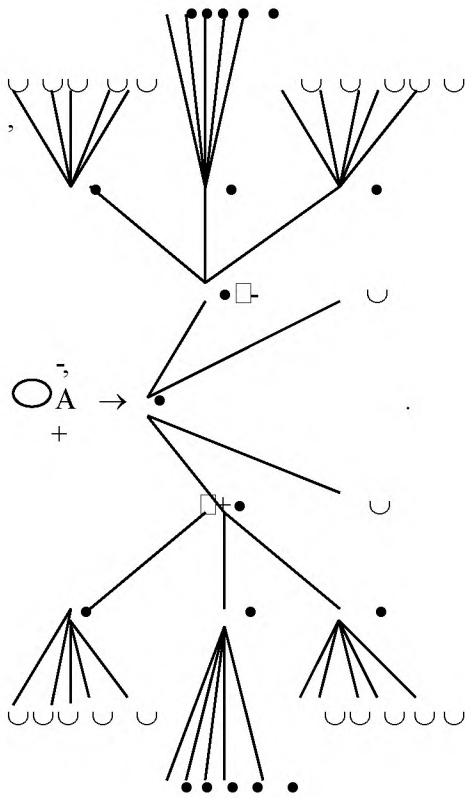


Рис. 1.2

| |
|----------|
| а. |
| б. |
| в. |
| г. |
| д. |
| Рис. 1.4 |

а.

б.

Рис. 1. 5

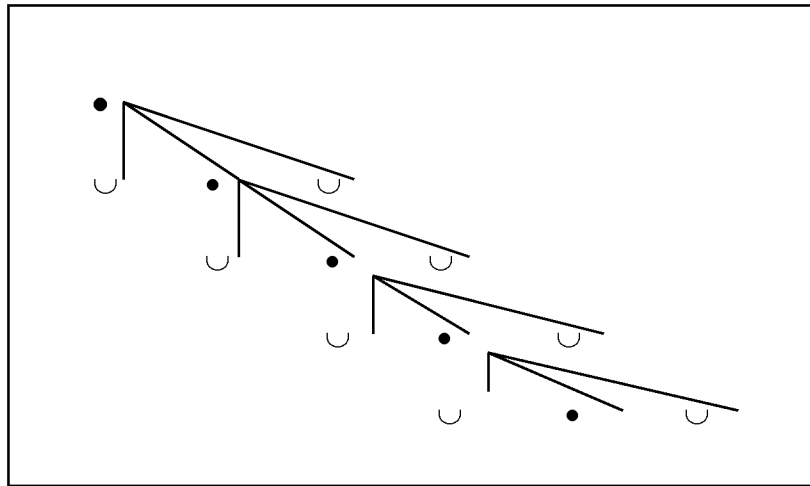


Рис. 1. 6

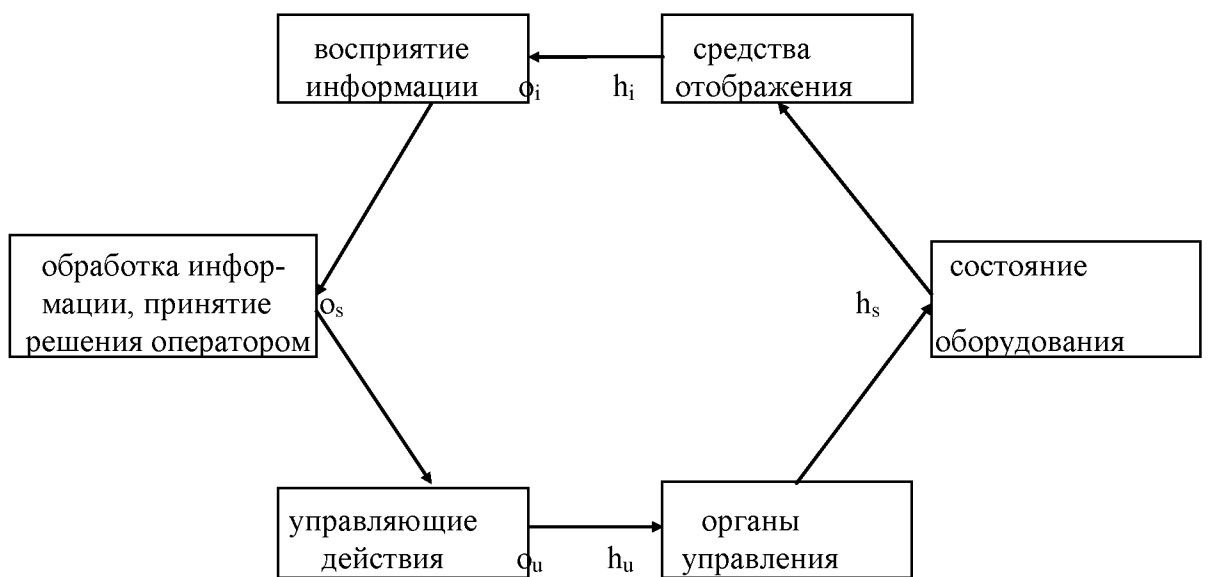


Рис. 1. 7

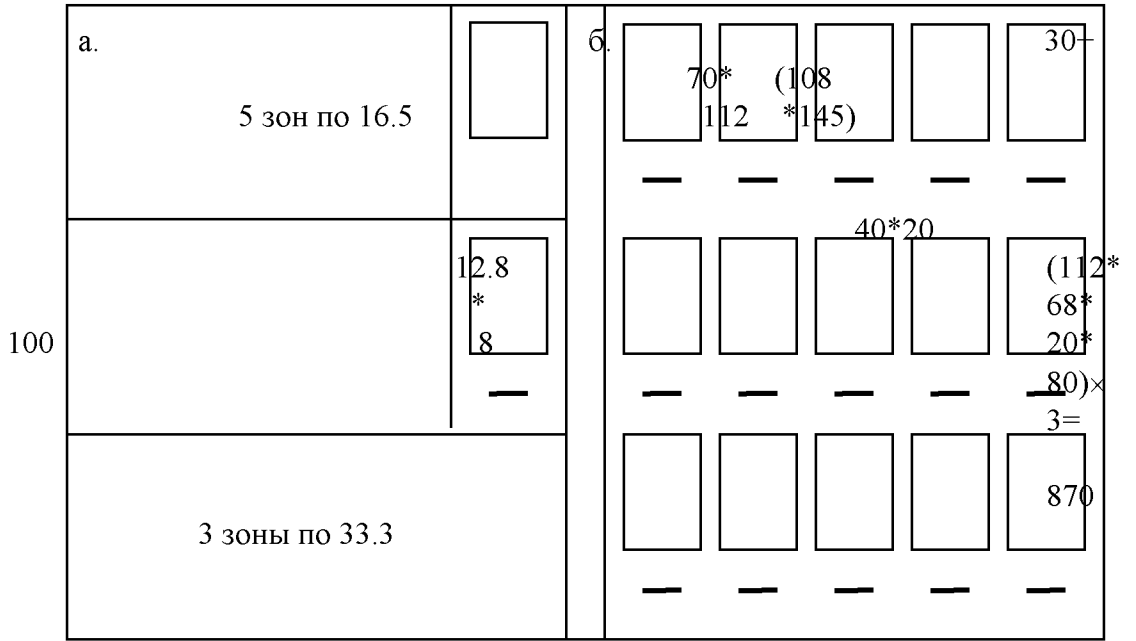


Рис. 1. 8

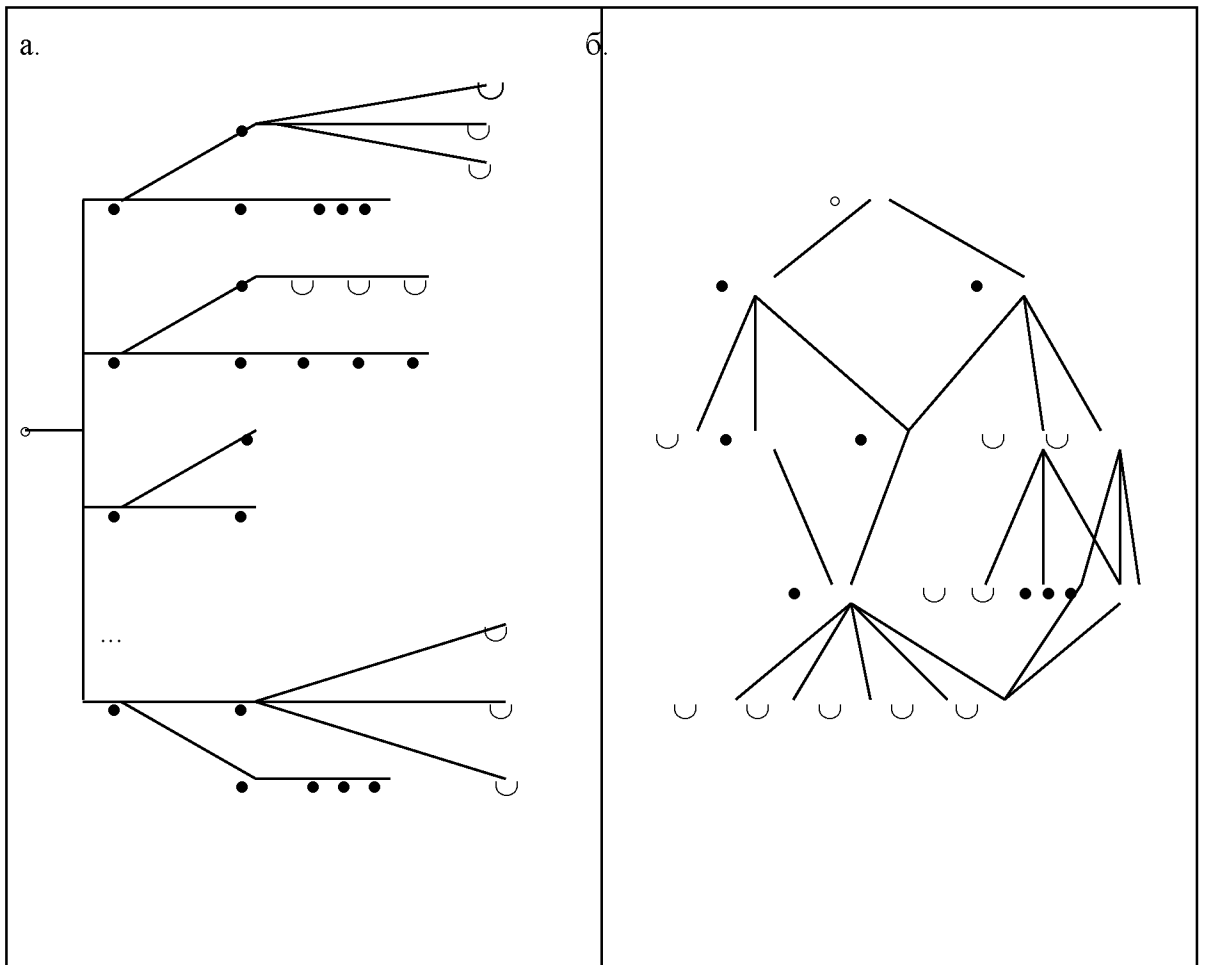


Рис. 1. 9

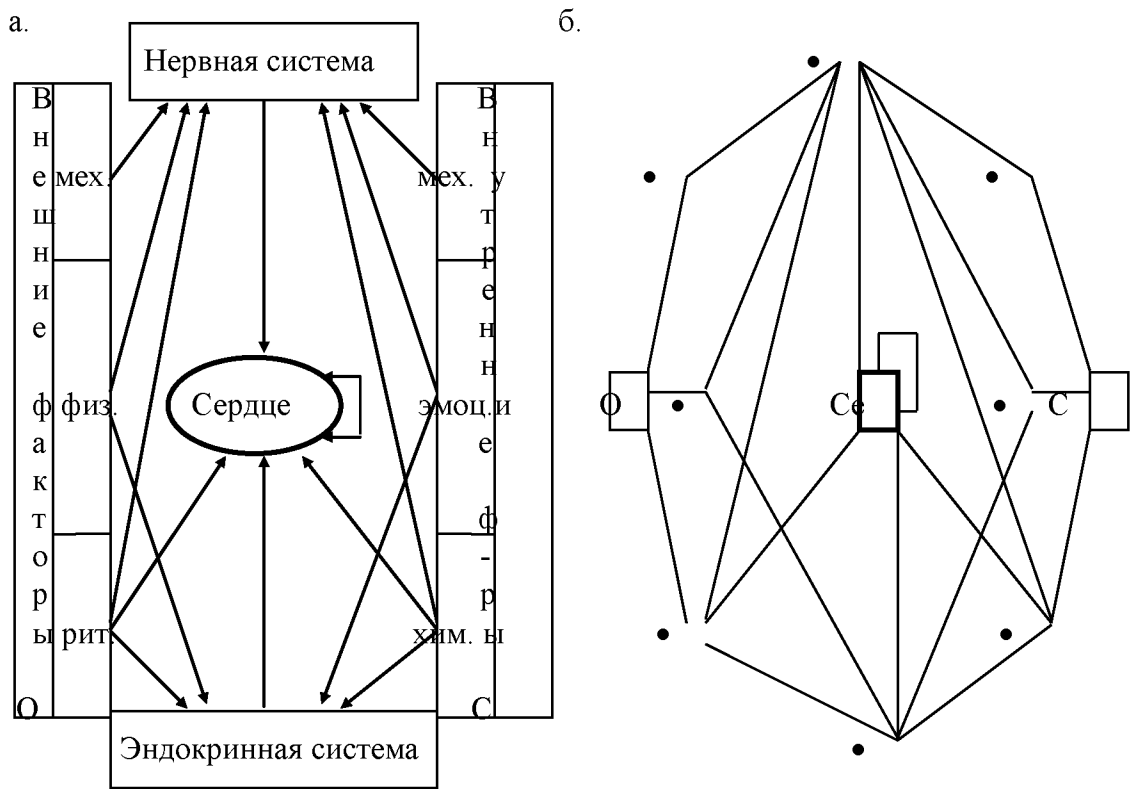


Рис. 1. 10

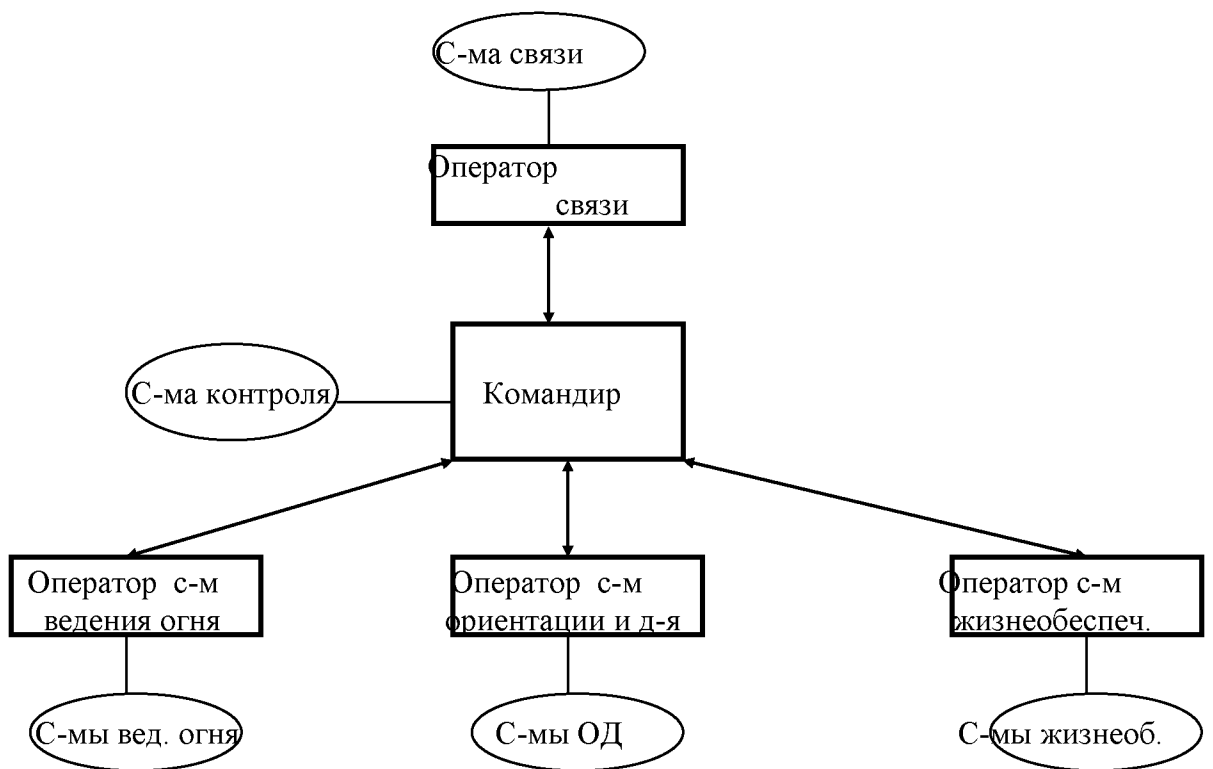


Рис. 1. 11

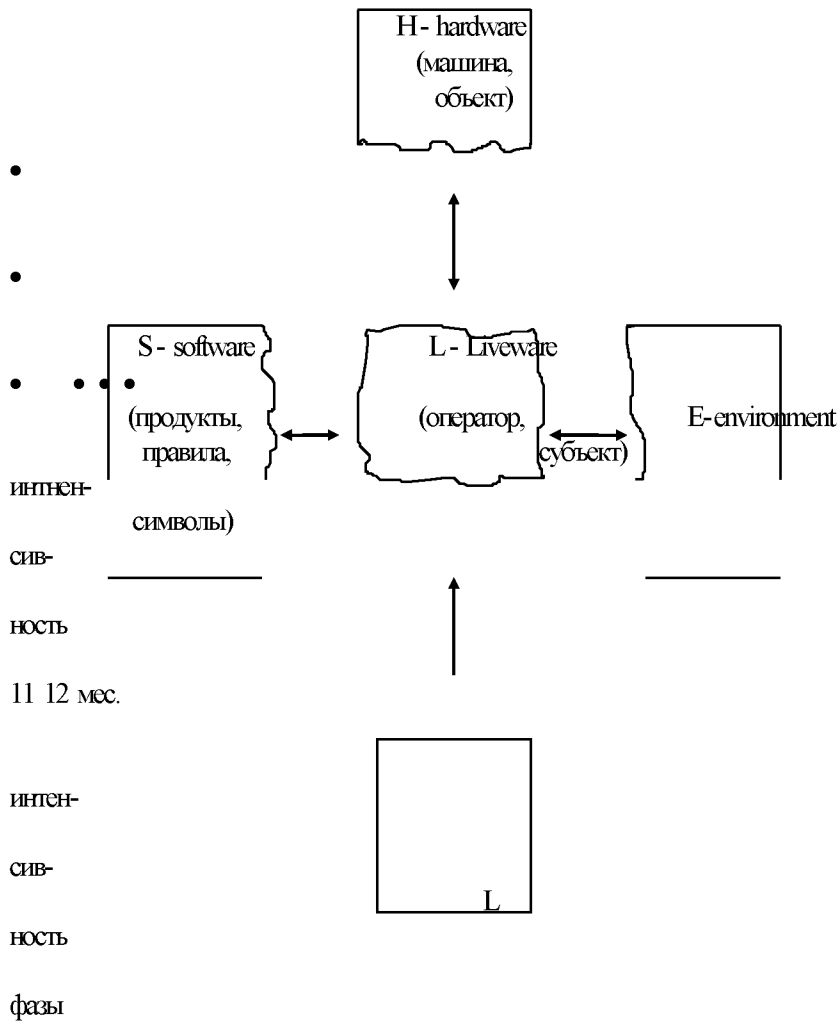


Рис. 2. 1

Уровни

1

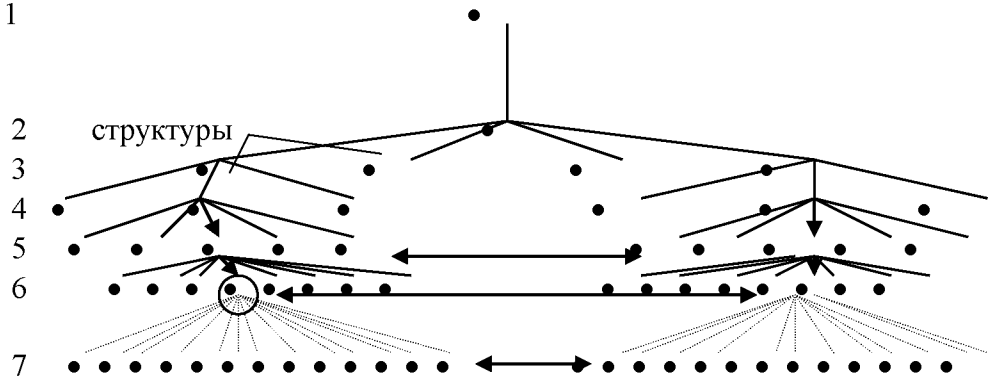


Рис. 2. 2

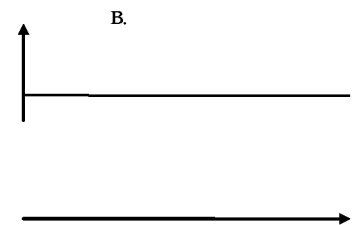
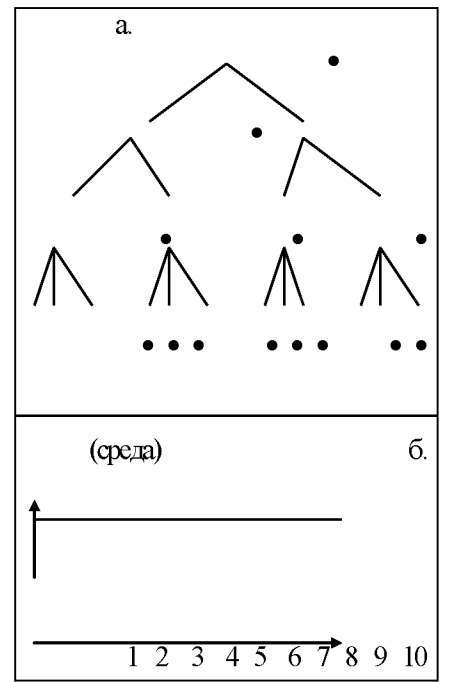


Рис. 2. 3

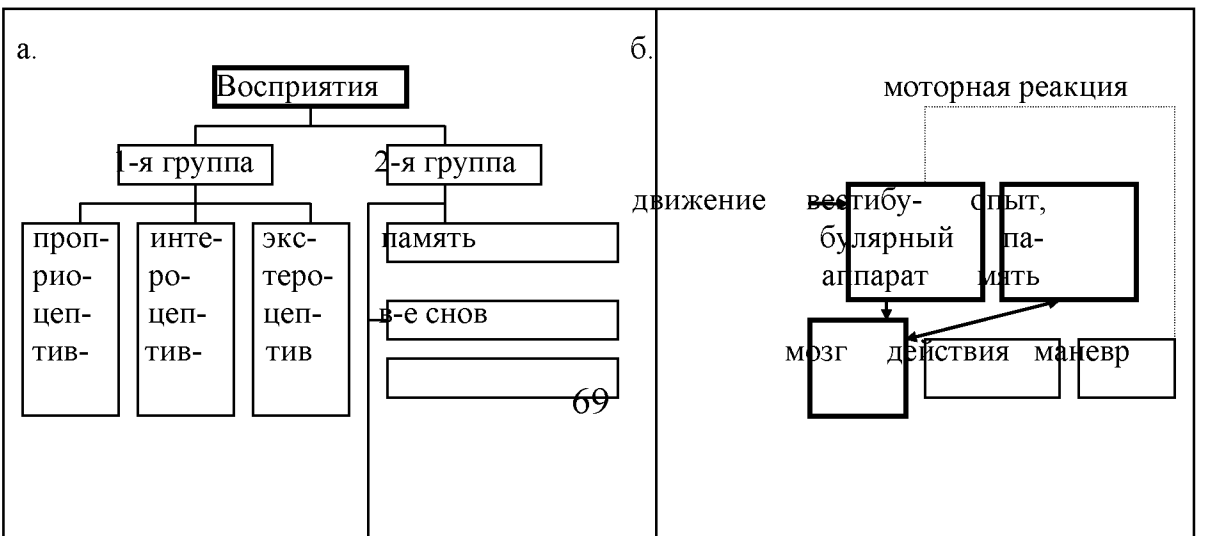




Рис. 2. 4

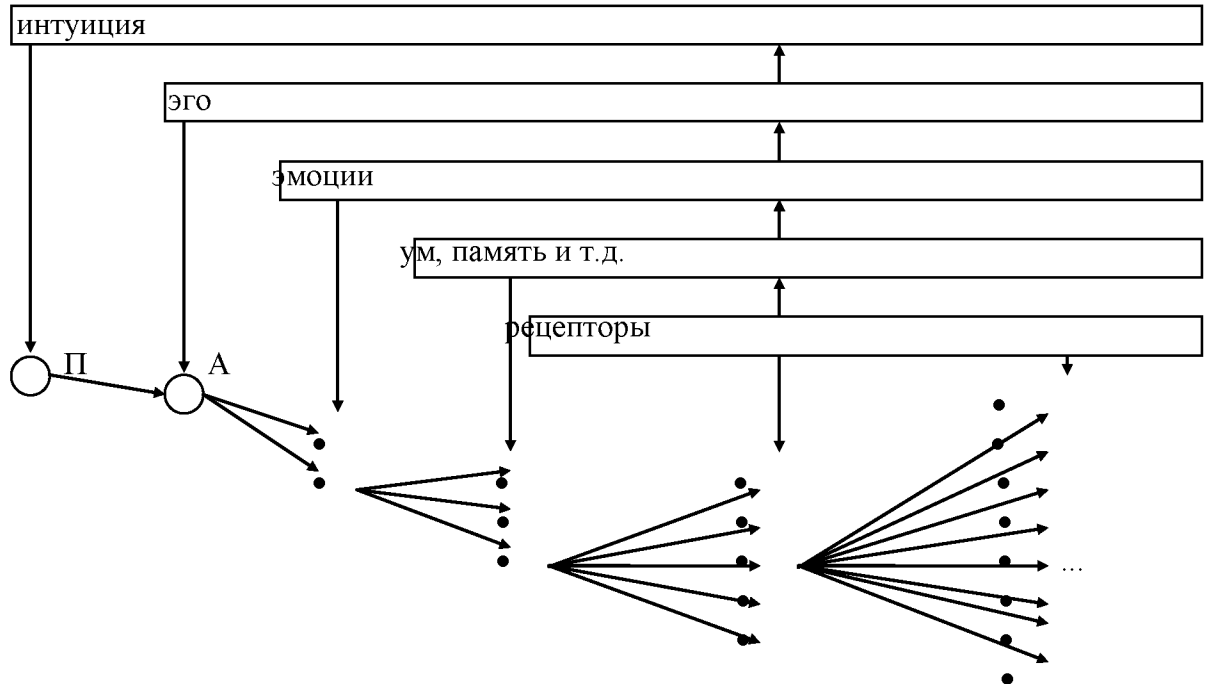


Рис. 2. 5

| Число | Символ | Смысловой инвариант |
|------------|--------|--|
| 1 | • | абсолют, недифференцируемый монолит, отчужденность ко всему остальному и т.п. |
| 2 | •, ○ | борьба (и единство) противоположностей, противопоставление, равновесие, эволюция-инволюция |
| 3 | △ | гармония, равновесие и самодостаточность 3-х в 1 |
| 4 (2+2) | □, + | устойчивость, экспансия в какой-либо плоскости, единство двух планов |
| 5 (2+3) | | гармония и борьба разноплановых начал |
| 6 (3+3) | | взаимопроникновение двух самодостаточных начал |
| 7 | | ступени восхождения, развития |
| 8 | | полнота, устойчивое развитие |
| 9 (3*3) | | исчерпанность цикла |
| 10 | ○ | завершенность цикла, начало нового этапа |

Рис. 2. 6

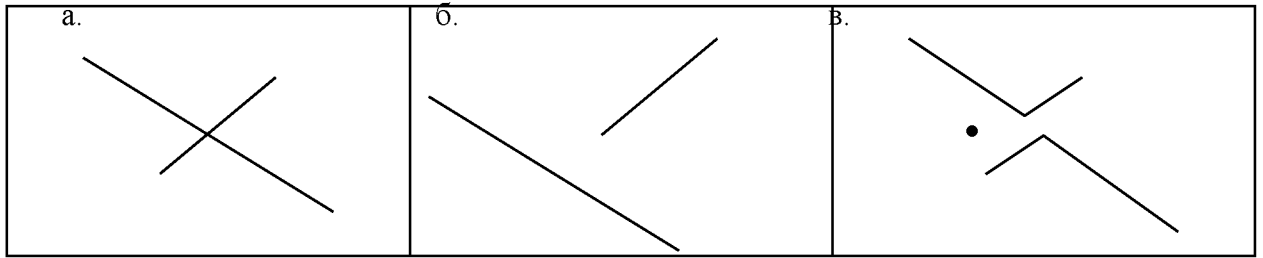


Рис. 2. 7

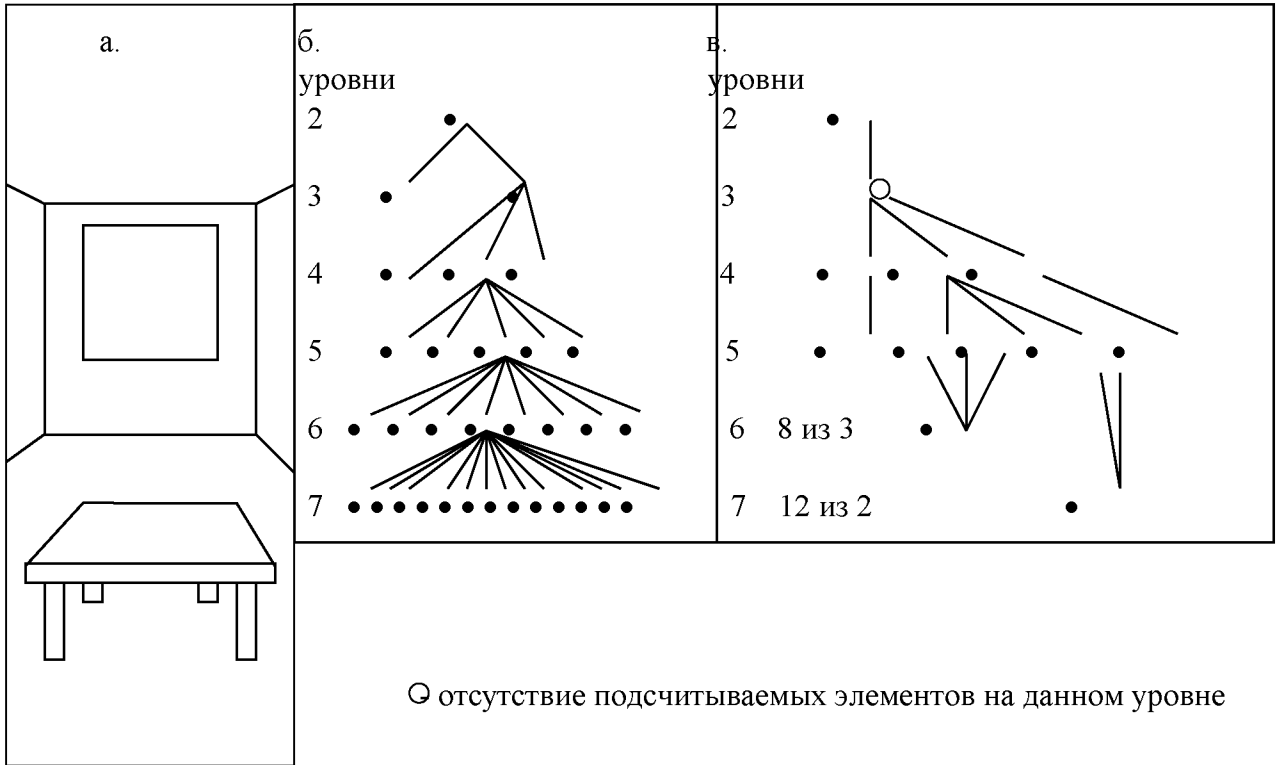


Рис. 2. 8

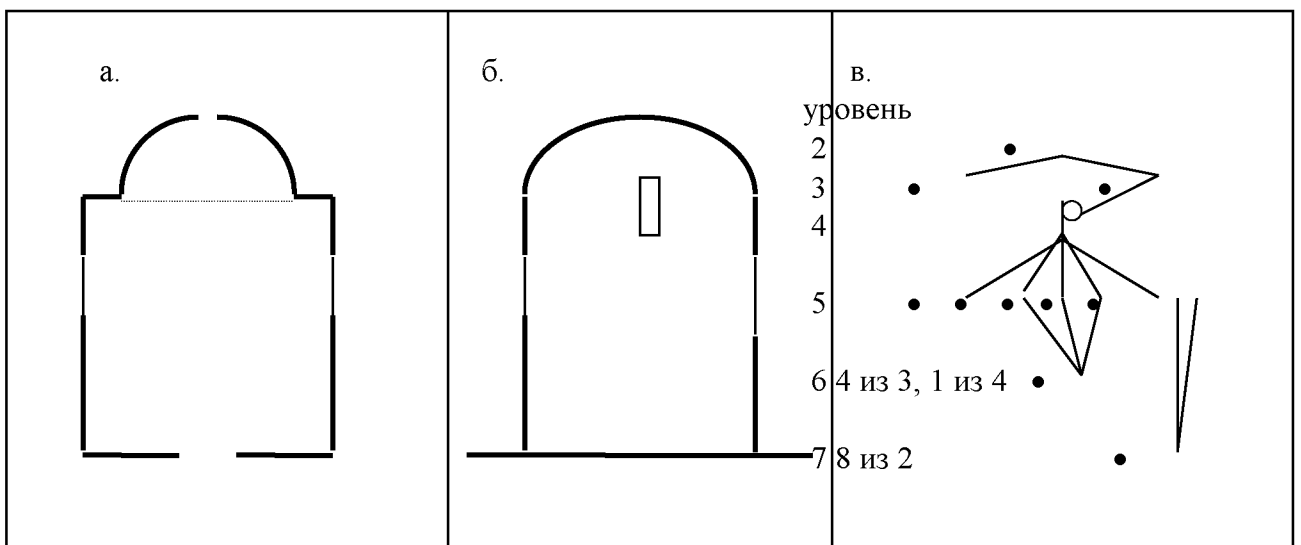


Рис. 2. 9

кратковременная память

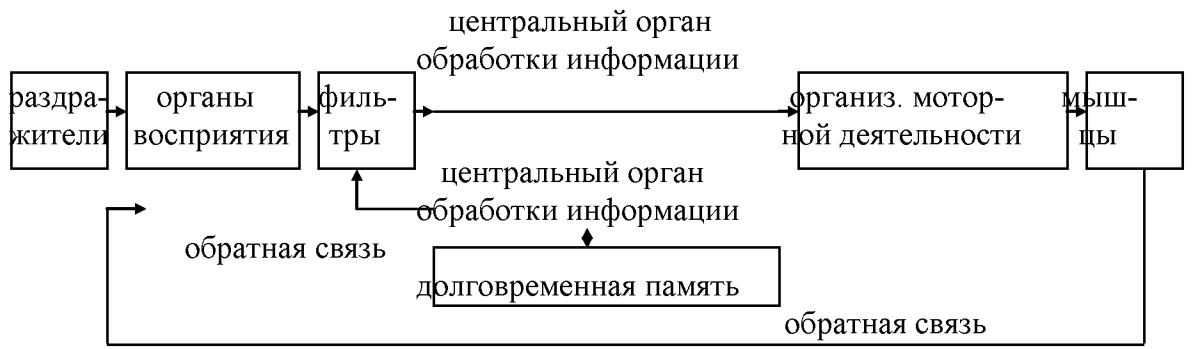


Рис. 2.10

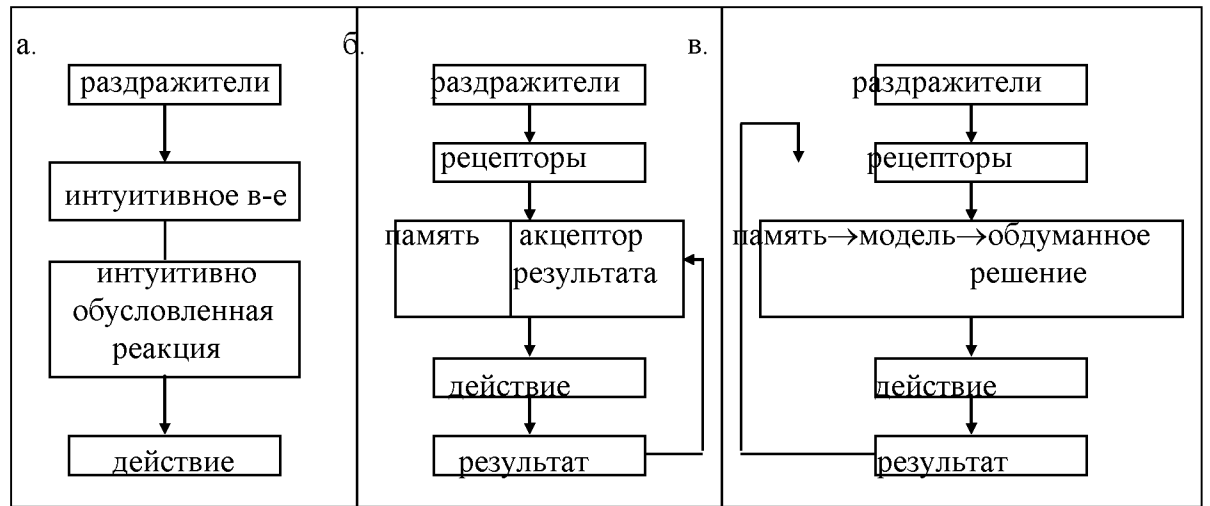


Рис. 2.11

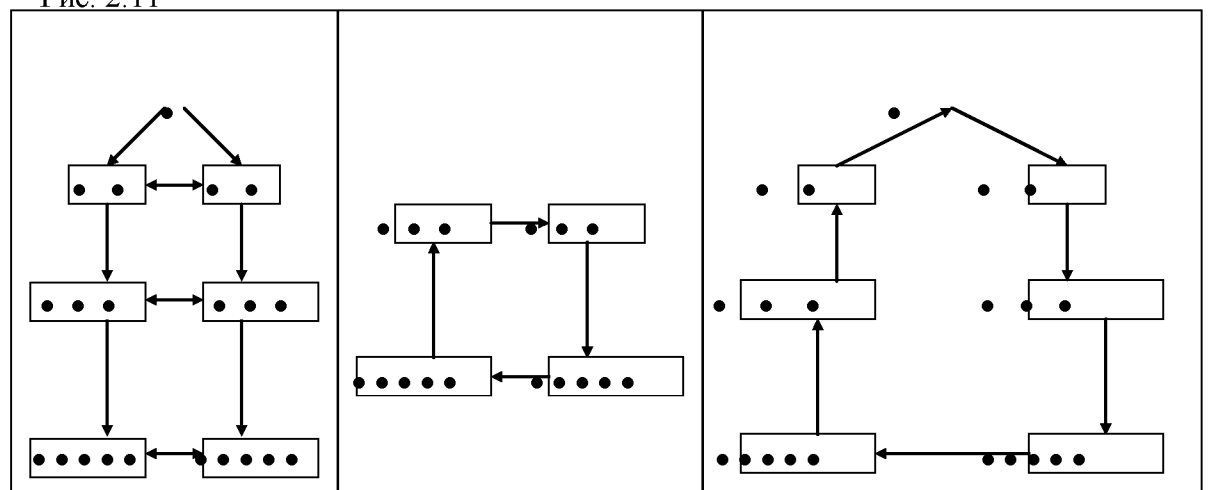


Рис. 2.12

Рис. 2.13

Рис. 2.14

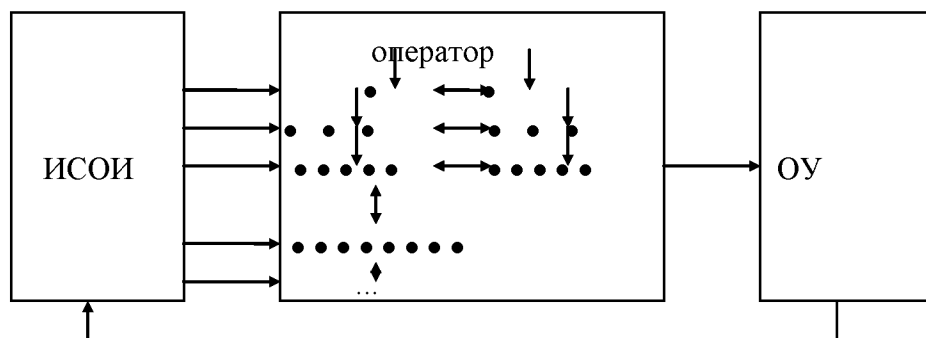


Рис. 2.15

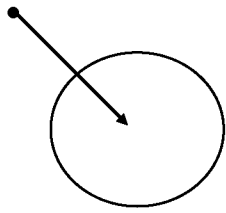


Рис. 2. 16

а.

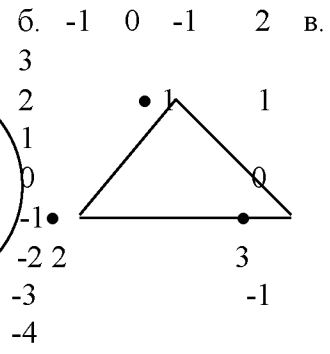
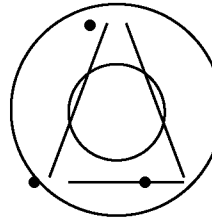


Рис. 2. 17

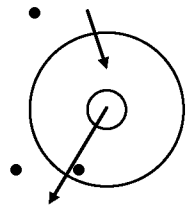




Рис. 3. 1

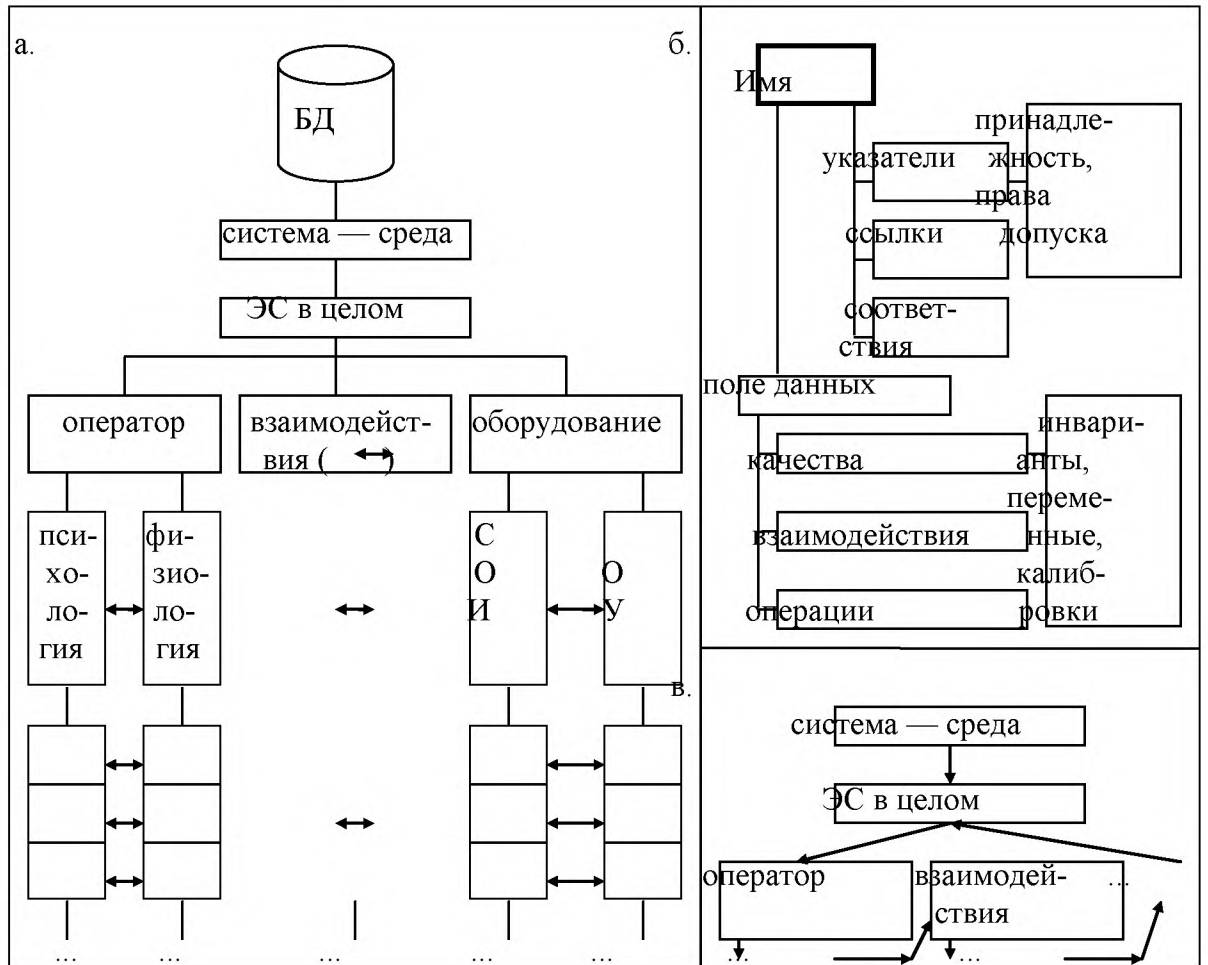


Рис. 3. 2

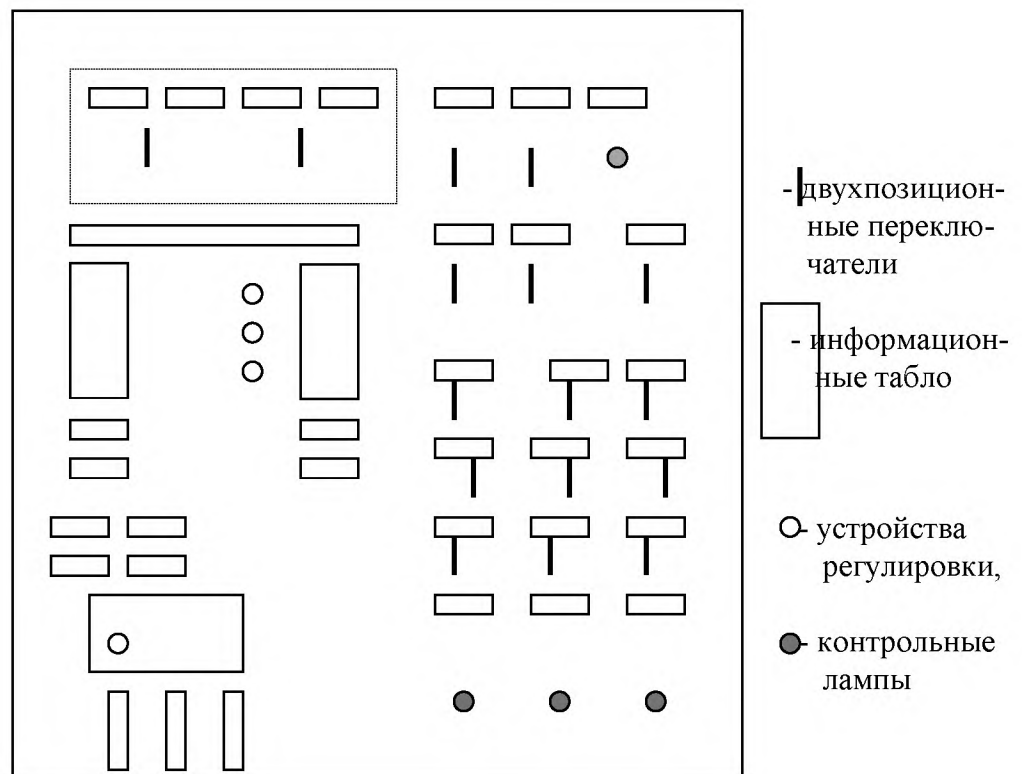


Рис. 3. 3

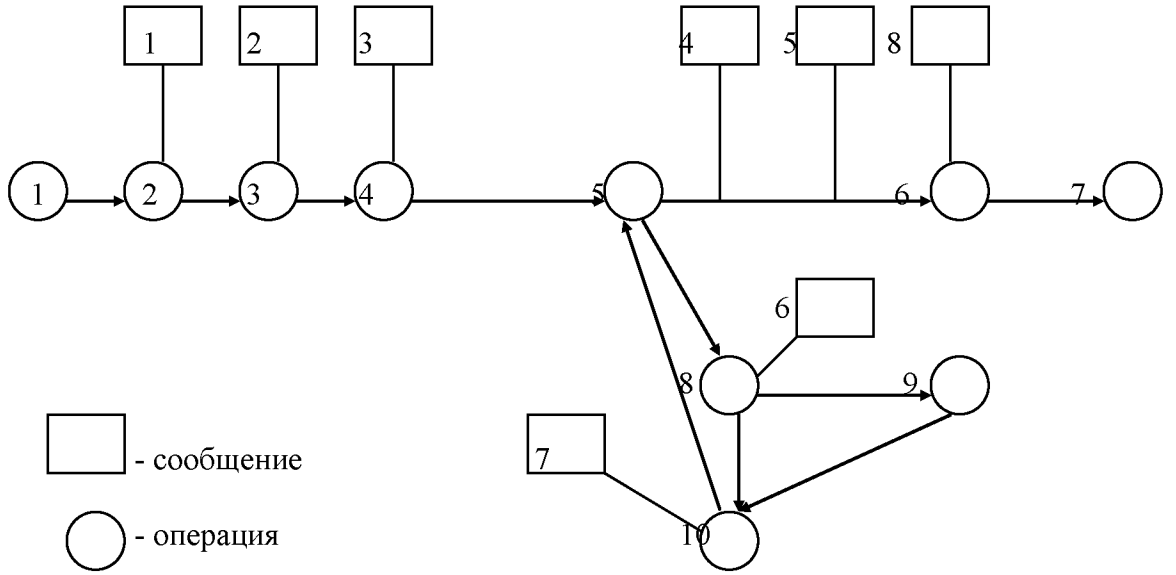


Рис. 3. 4

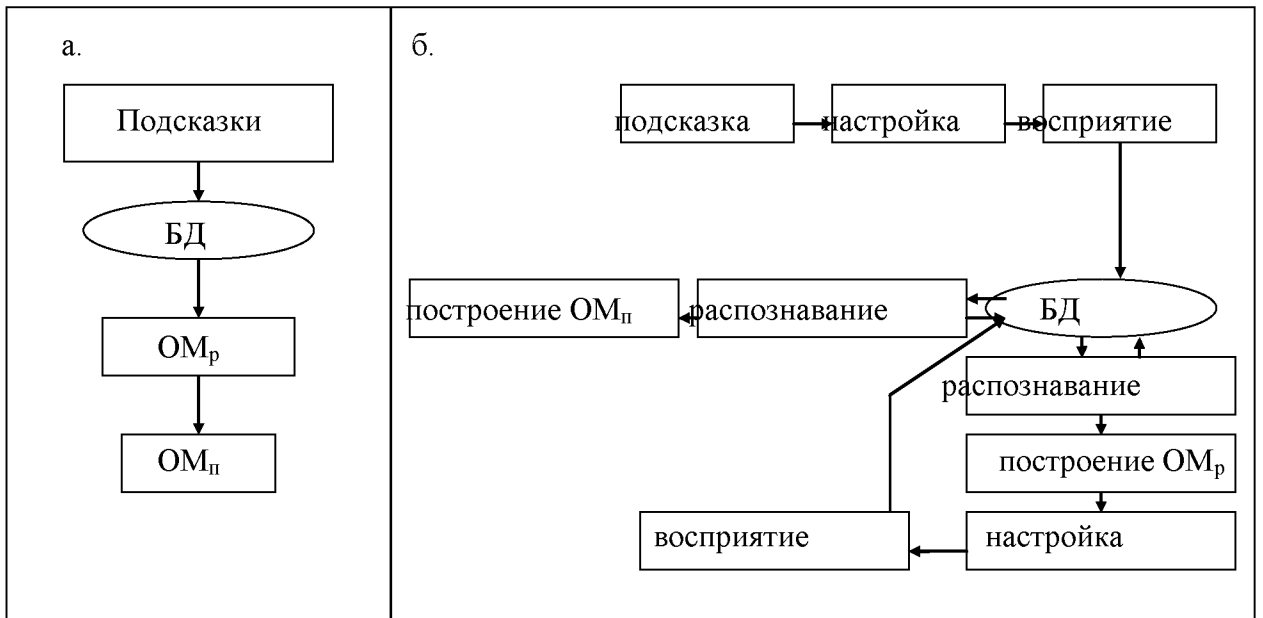


Рис. 3. 5

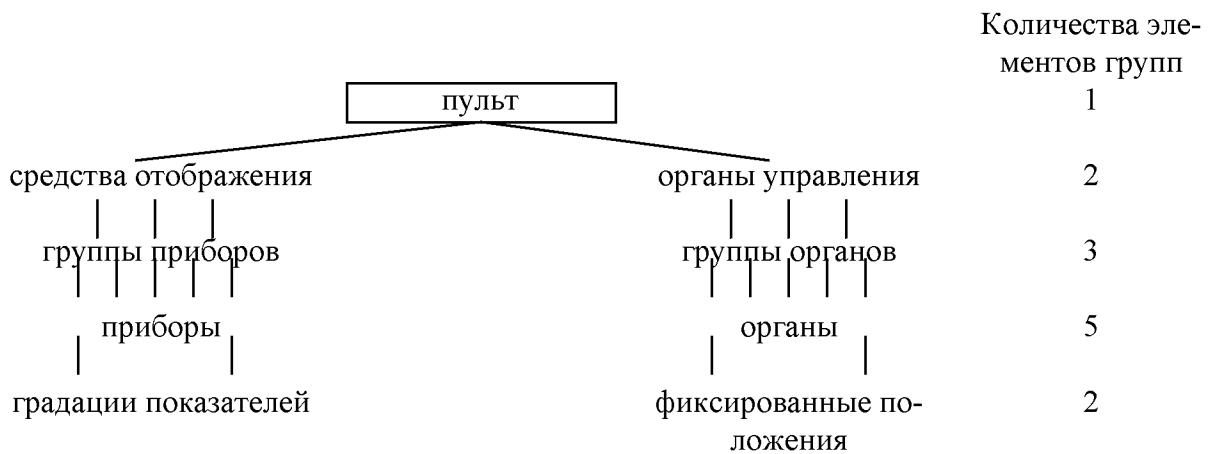


Рис. 3. 6

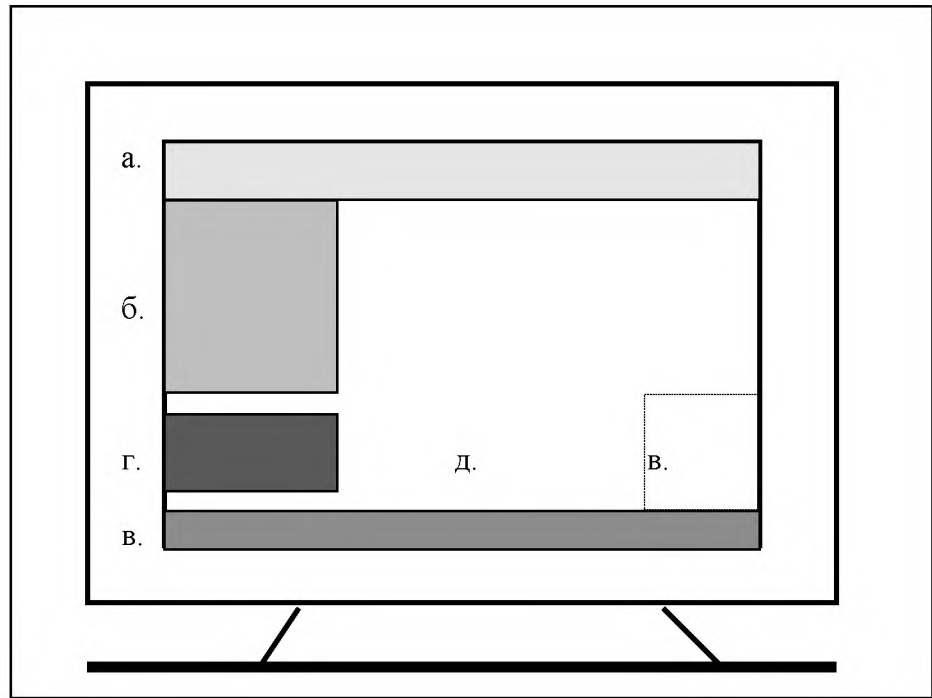


Рис. 3. 7

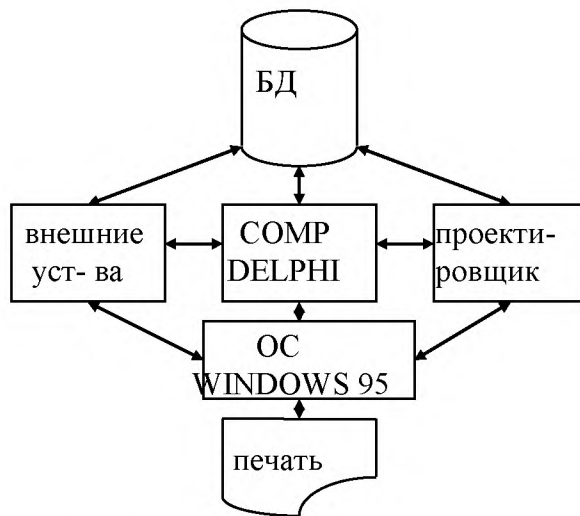


Рис. 3. 8

| | | |
|-------------|----------------|-------------|
| бак 1 | зона состояния | бак 2 |
| 0.31 | 0.38 | 0.38 |
| | | 0.31 |
| двигатель 1 | двигатель 2 | двигатель 3 |
| | | 0.62 |
| 0.33 | 0.34 | 0.33 |

| | |
|-----------------|----------------------|
| зона информации | 0.38 |
| 0.14 | |
| 0.12 | 0.38 |
| 0.12 | 0.12 |
| 0.14 | перекл. рода топлива |
| 0.20 | перекрывные краны |
| 0.28 | насосы подкачки |
| | 0.62 |

Рис. 3. 9



Рис. 3. 10


| | |
|---|------|
| 0.07 индикатор ручн./авт. | |
| 0.12 сообщение об аварии | |
| 0.19 строка сообщений | 0.38 |
| диаграмма выполнения операций | |
|  | |
| | 0.62 |

Рис. 3. 12

Рис. 3. 11

| | | |
|---------------------------------|---|---------|
| Р перед форсункой |  | ← макс. |
| T |  | 0.62 |
| nT |  | ← мин. |
| 0.07 подсказка рода топлива | • | |
| 0.12 подсказка ПК | • | |
| 0.19 подсказка насосов подкачки | • | 0.38 |

Рис. 3. 13

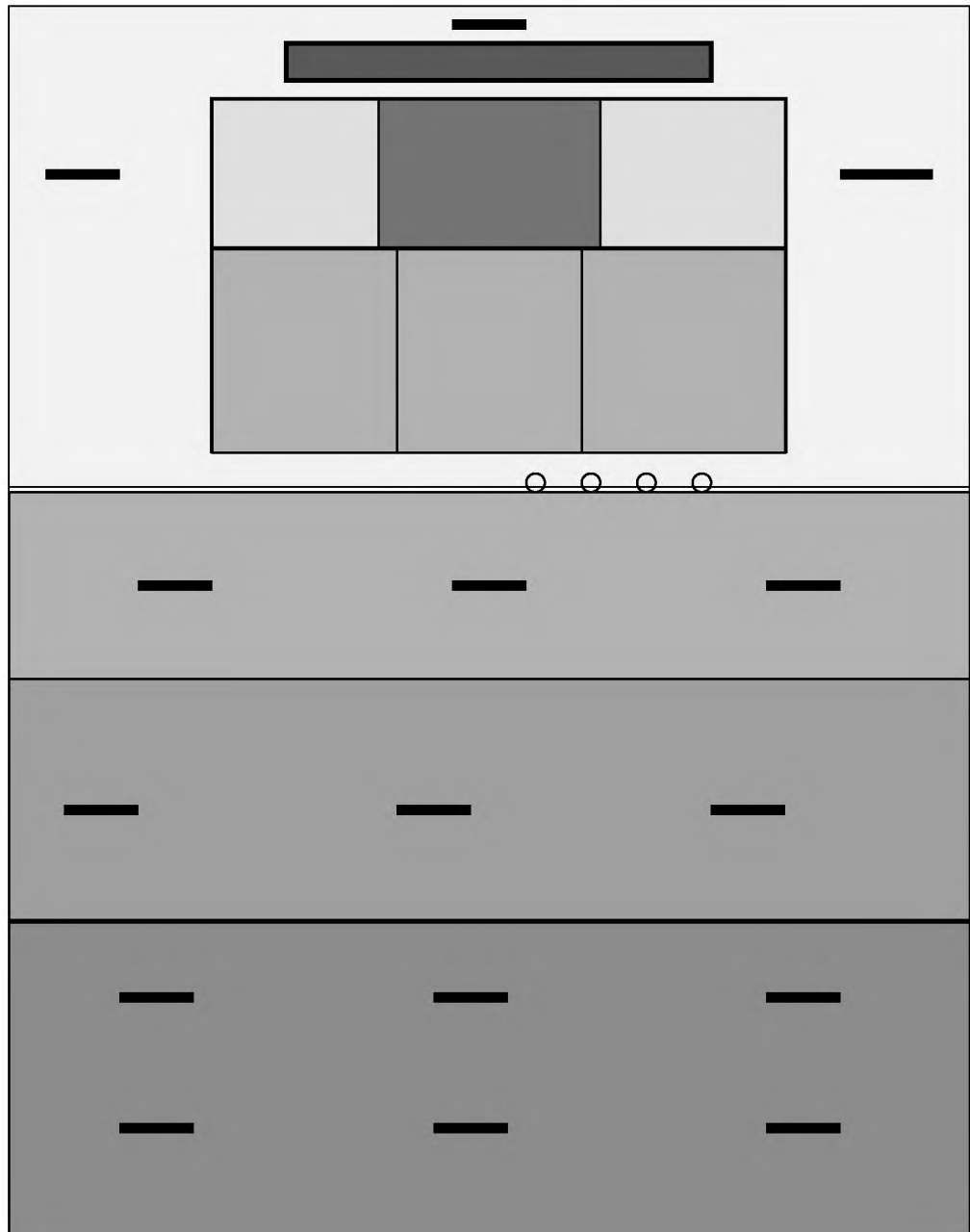


Рис. 3. 14

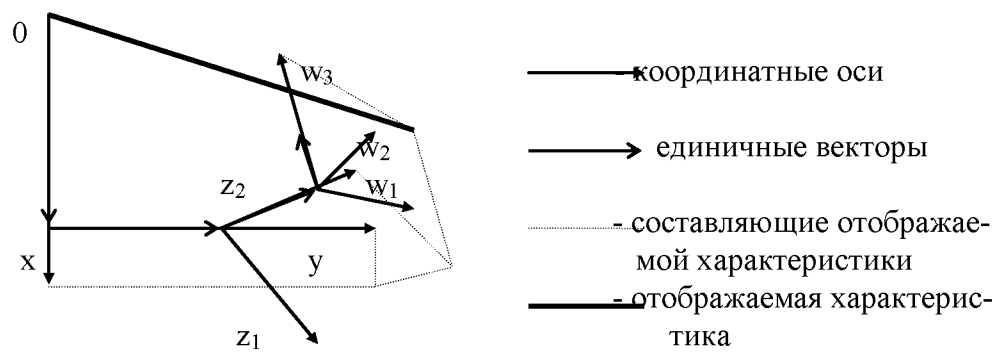


Рис. 4. 1

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|-----|-----|--|--|---|---|---|---|---|--|-----|-----|-----|--|--|
| а. ??? <table border="1" style="width: 100%; height: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 25%; height: 15px;"></td><td style="width: 25%; height: 15px;"></td><td style="width: 25%; height: 15px;"></td><td style="width: 25%; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 25%; height: 15px;"></td><td style="width: 25%; height: 15px;"></td><td style="width: 25%; height: 15px;"></td><td style="width: 25%; height: 15px;"></td></tr> </table> | | | | | | | | | б. <table border="1" style="width: 100%; height: 100px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">•</td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">•</td></tr> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;"></td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;"></td></tr> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;"></td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;"></td></tr> </table> | • | • | | | | | в. <table border="1" style="width: 100%; height: 100px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">???</td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">???</td></tr> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;"></td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;"></td></tr> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">•</td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">°</td></tr> </table> | ??? | ??? | | | • | ° | <table border="1" style="width: 100%; height: 100px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">=</td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">=</td></tr> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;"></td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">???</td></tr> <tr><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">???</td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;">???</td></tr> <tr><td style="width: 50px; height: 30px;"></td><td style="width: 50px; height: 30px; text-align: center;"></td></tr> </table> | = | = | | ??? | ??? | ??? | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| • | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ??? | ??? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| • | ° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| = | = | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ??? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ??? | ??? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рис. 4. 2

| | |
|---|----|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |
| 5 | 6 |
| 7 | 8 |
| 9 | 10 |

Рис. 4. 3

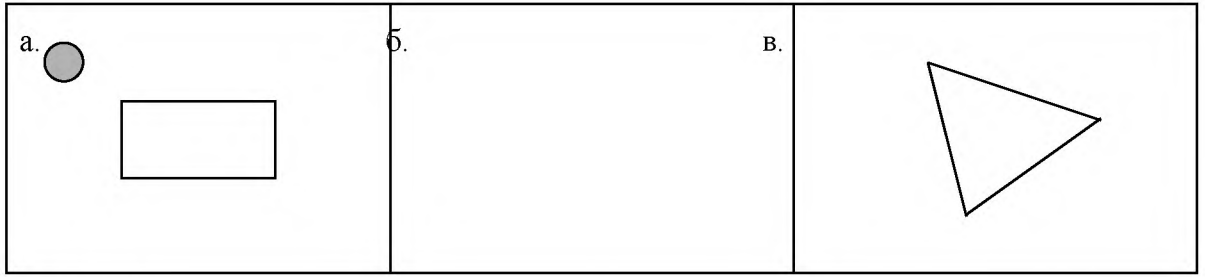


Рис. 4. 4

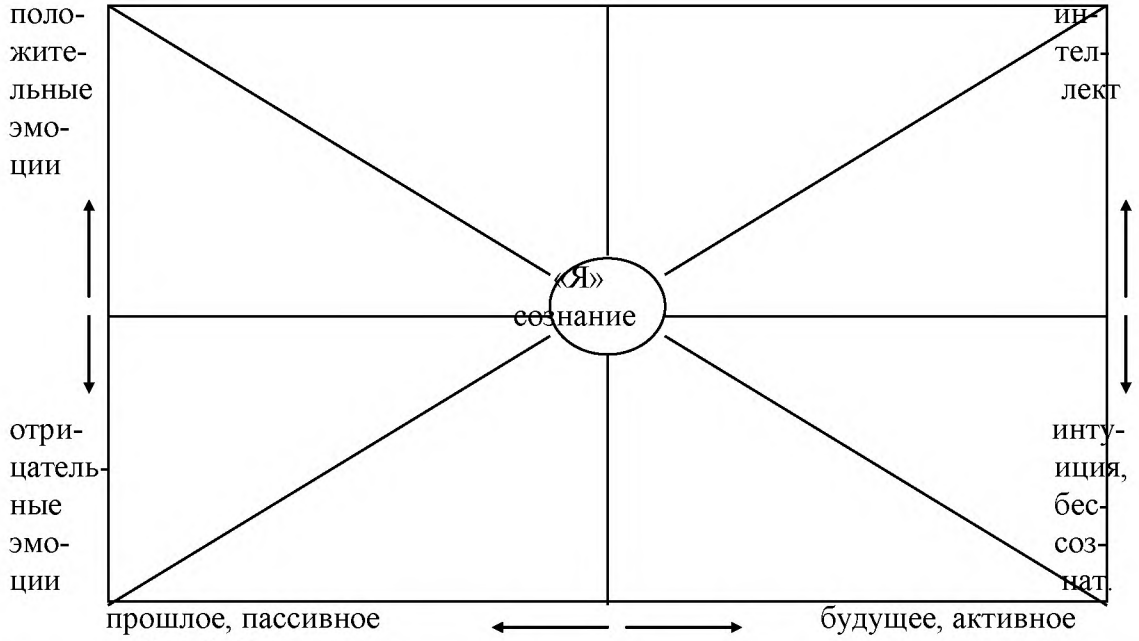


Рис. 4. 5

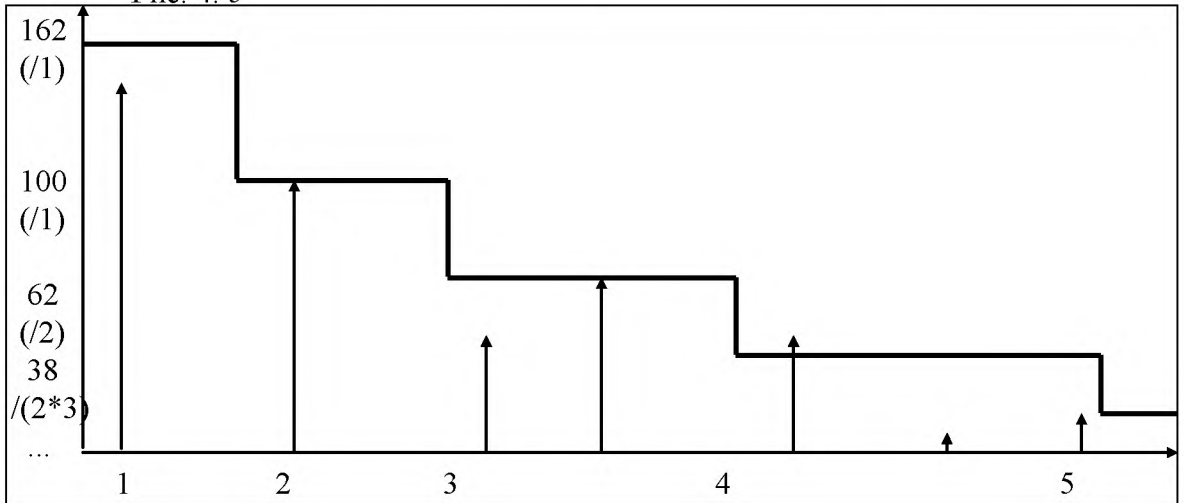


Рис. 4. 6

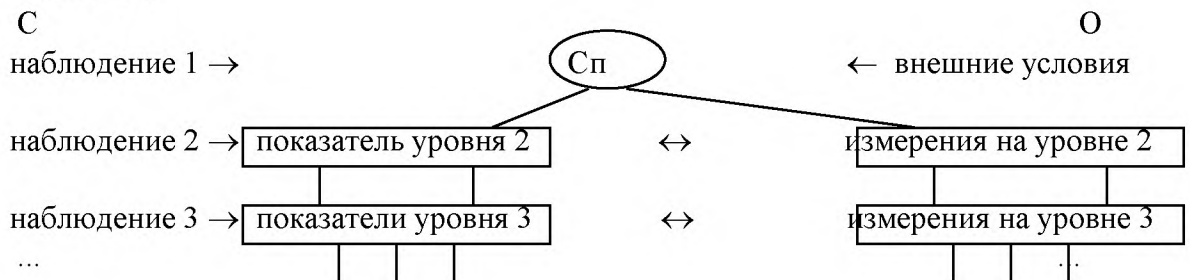


Рис. 4. 7

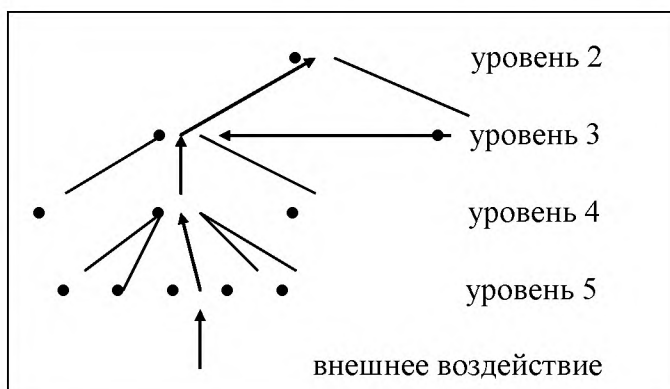
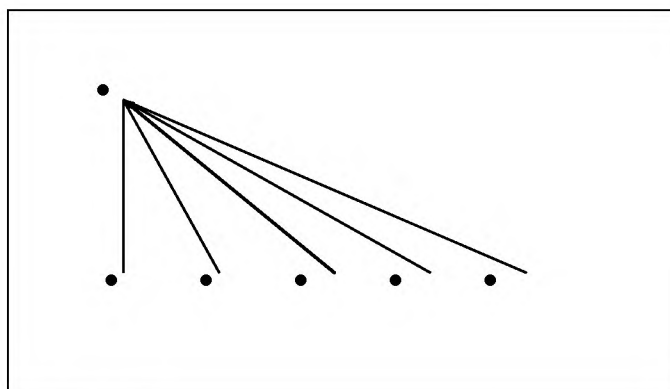
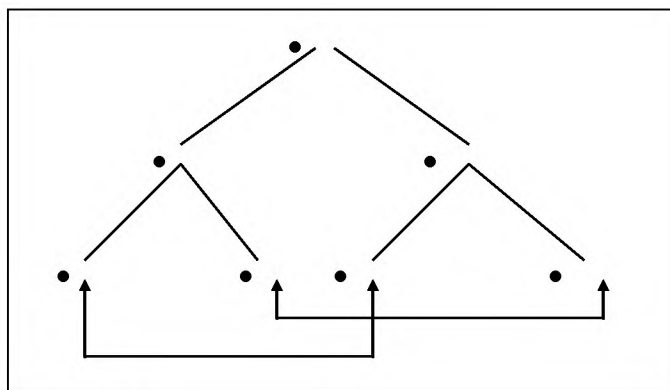
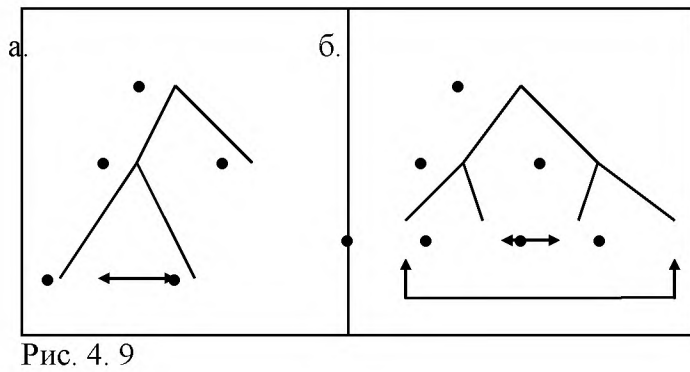
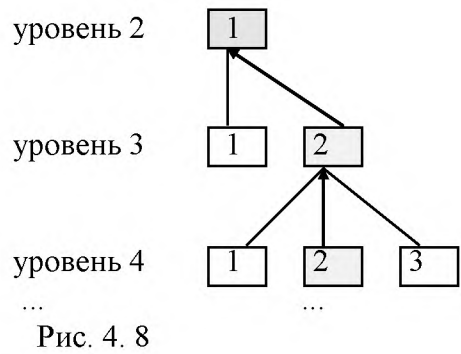




Рис. 4. 13

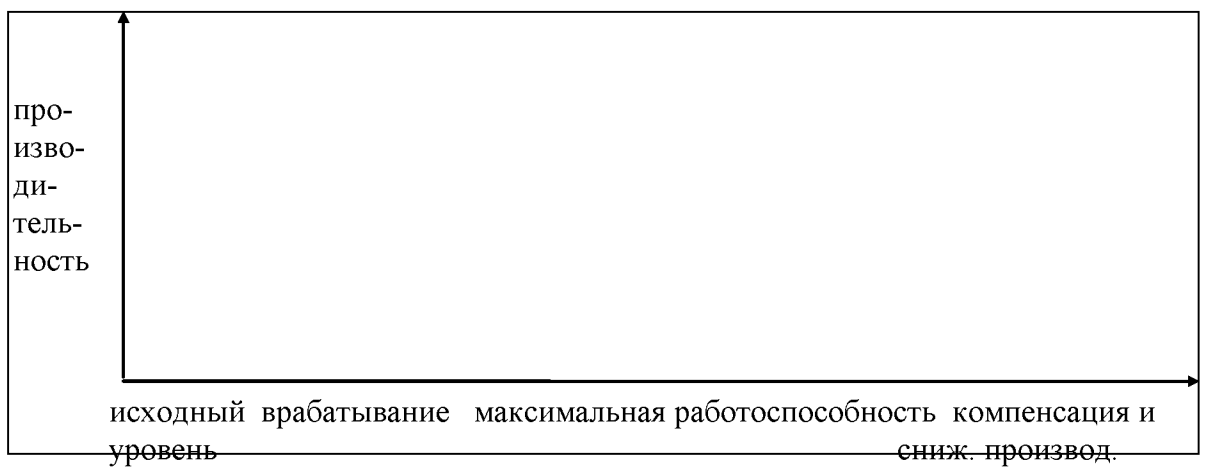


Рис. 4. 14

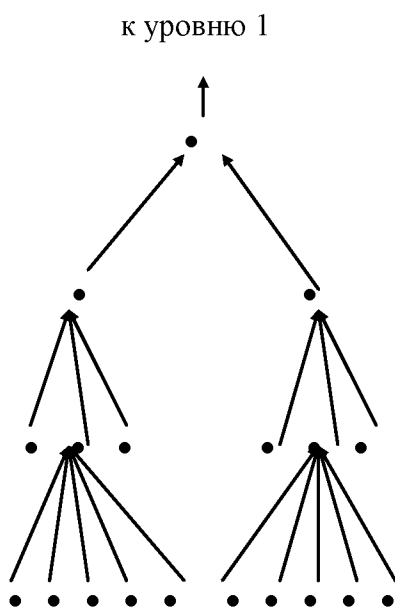


Рис. 4. 15

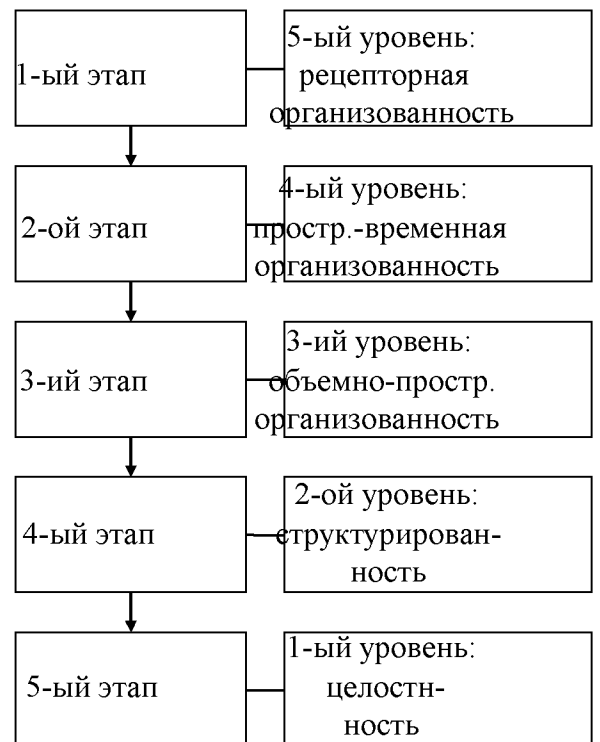


Рис. 4.16

Сокращения и обозначения

| Обоз- начение | Расшифровка |
|---------------------------------|--|
| Вм | Волновая модель |
| Г- опе- ратор | Граничный оператор |
| Д | Операция дифракции |
| ДИКС | Все операции |
| ДГМ | Дискретная граничная модель |
| И | Операция интерференции |
| ИСОИ | Интуитивная система отображения информации |
| Кс | Координатная система |
| К | Операция коинциденция |
| МВ | Модель восприятия |
| МРР | Модель распознавания и принятия решения |
| МУ | Модель управления |
| МЧС | Модель «человек — среда» |
| Н | Наблюдение |
| НГМ | Непрерывная граничная модель |
| О | Объект |
| ОМ | Объектная модель |
| ОУ | Органы управления |
| Р | Расслоение |
| Рс | Результат измерения |
| вР, Рв | Внутреннее и внешнее расщепление |
| С | Операция суперпозиции |
| Св | Свертка |
| С | Субъект |
| Сп, ° | С- пространство |
| СОИ | Система отображения информации |
| ТС | Тернарная связка |
| У | Универсум |
| ЭС | Эргатическая система |
| ∪, • | С- элементы (волна, солитон) |
| □ | С- множества |
| А, П | Модальности существования |
|), \, ↓ | Модальности состояния |
| ⊥, | Перпендикулярность и параллельность С- элементов |
| Γ _а , Γ _п | Актуальная и потенциальная размерность |
| π | Потенциал |