

International Journal for
Computational Civil and Structural Engineering

(Международный журнал по расчету гражданских и промышленных конструкций)

Volume 12, Issue 3

2016

EXECUTIVE EDITOR

Vladimir I. Travush, Professor,
Vice-President of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences;
24, Ulitsa Bolshaya Dmitrovka, 107031, Moscow, Russia

EDITOR-IN-CHIEF

Vladimir N. Sidorov, Professor
Department of Advanced Mathematics
and Structural Mechanics,
Moscow Institute of Architecture (State Academy);
11/4, Building 4, Ulitsa Rozhdestvenka, Moscow,
107031, Russia

EDITORIAL DIRECTOR

Valery I. Telichenko, Professor,
The First Vice-President of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences;
24, Ulitsa Bolshaya Dmitrovka, 107031, Moscow, Russia

MANAGING EDITOR

Nadezhda S. Nikitina, Professor
Director of ASV Publishing House;
26, Yaroslavskoe Shosse, 129337 Moscow, Russia

TECHNICAL EDITOR

Taymuraz B. Kaytukov, Associate Professor
Research & Educational Center
of Computational Simulation, National Research
Moscow State University of Civil Engineering;
26, Yaroslavskoe Shosse, 129337 Moscow, Russia

ASSOCIATE EDITORS

Pavel A. Akimov, Professor
Executive Scientific Secretary of Russian Academy
of Architecture and Construction Sciences;
Scientific Research Center "STADYO";
National Research Moscow State University
of Civil Engineering;
24, Ul. Bolshaya Dmitrovka, 107031, Moscow, Russia

Alexander M. Belostotsky, Professor
Scientific Research Center "STADYO";
National Research Moscow State University
of Civil Engineering;
8th Floor, 18, ul. Tretya Yamskogo Polya,
125040, Moscow, Russia

Vladimir Belsky, Ph.D.
Dassault Systèmes Simulia;
1301 Atwood Ave Suite 101W
02919 Johnston, RI, United States

Mikhail Belyi, Professor
Dassault Systèmes Simulia;
1301 Atwood Ave Suite 101W
02919 Johnston, RI, United States

Vitaly Bulgakov, Professor
Parametric Technology Corp.;
57 Metropolitan Av.,
Ashland, MA, USA

Nikolai P. Osmolovskii, Professor
Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences;
Kazimierz Pulaski University
of Technology and Humanities in Radom;
29, ul. Malczewskiego, 26-600, Radom, Poland

Gregory P. Panasenko, Professor
Equipe d'Analyse Numerique
NMR CNRS 5585
University Gean Mehnert;
23 rue. P.Michelon 42023, St.Etienne, France

Leonid A. Rozin, Professor
Department of Structural Mechanics,
Peter the Great Saint-Petersburg
Polytechnic University;
29, Ul. Politechnicheskaya,
195251 Saint-Petersburg, Russia

ADVISORY EDITORIAL BOARD & REVIEWERS

Robert M. Aloyan, Professor
Ivanovo State Polytechnical
University; 20, Ulitsa 8 Marta,
Ivanovo, 153037, Russia

Vladimir I. Andreev, Professor
National Research Moscow State
University of Civil Engineering;
Yaroslavskoe shosse 26, Moscow,
129337, Russia

Mukhtaritdin M. Batdalov, Professor
Makhachkala Branch of Moscow
Automobile and Road State
Technical University (MADI);
1. Imam Shamil Avenue,
Makhachkala, Russia

Klaus-Jurgen Bathe, Professor
Massachusetts Institute
of Technology;
Cambridge, MA 02139, USA

Alexander T. Bekker, Professor
Far Eastern Federal University;
8 Suhanova Street, Vladivostok,
690950, Russia

Jan Buynak, Professor
University of Žilina; 1, Univerzitná,
Žilina, 010 26, Slovakia

Evgeniy M. Chernishov, Professor
Voronezh State University of
Architecture and Civil Engineering;
84, 20 Let Oktyabrya st., Voronezh,
394006, Russia

Vladimir T. Erofeev, Professor
Ogarev Mordovia State University;
68 Bolshevistskaya Str., Saransk
430005, Republic of Mordovia,
Russia

Victor S. Fedorov, Professor
Moscow State University of Railway
Engineering; 9, Obraztsova Street,
Moscow, 127994, Russia

Sergiy Yu. Fialko, Professor,
Cracow University of Technology;
24, Warszawska Street, Kraków,
31-155, Poland

Alexander S. Gorodetsky, Professor
LIRA SAPR Ltd.;
Office 212, 7a Kiyanovsky side street
(pereulok), Kiev, 04053, Ukraine

Vyatcheslav A. Ilyichev, Professor
Russian Academy of Architecture
and Construction Sciences;
24, Ulitsa Bolshaya Dmitrovka,
Moscow, 107031, Russia

Marek Iwański, Professor,
Kielce University of Technology;
7, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego
Kielce, 25 – 314, Poland

Sergey Yu. Kalashnikov, Professor
Volgograd State University of
Architecture and Civil Engineering;
1, Akademicheskaya Street,
Volgograd, 400074, Russia

Nikolay I. Karpenko, Professor
Research Institute of Building
Physics; 21, Locomotive Travel,
Moscow, 127238, Russia

Vladimir V. Karpov, Professor
Saint Petersburg State University of
Architecture and Civil Engineering;
4, 2-nd Krasnoarmeiskaya Street,
Saint Petersburg, 190005, Russia

Galina G. Kashevarova, Professor
Perm National Research Polytechnic
University; 29 Komsomolsky pros.,
Perm, Perm Krai, 614990, Russia

Vitaly I. Kolchunov, Professor
Southwest State University; 94, 50 let
Oktyabrya, Kursk, 305040, Russia

Markus König, Professor
Ruhr-Universität Bochum;
150, Universitätsstraße, Bochum,
44801, Germany

Sergey B. Kositsin, Professor
Moscow State University of Railway
Engineering; 9, Obraztsova Street,
Moscow, 127994, Russia

Amirlan A. Kusainov, Professor
Kazakh Leading Academy of
Architecture and Civil Engineering;
29, Toraigyrov str., Almaty, Almaty,
050043, Republic of Kazakhstan

Sergey V. Kuznetsov, Professor
Institute for Problems in Mechanics
of the Russian Academy of Sciences;
101-1, Prosp. Vernadskogo, Moscow,
119526, Russia

Vladimir V. Lalin, Professor
Peter the Great Saint-Petersburg
Polytechnic University; 29, Ul.
Politechnicheskaya, St. Petersburg,
195251, Russia

Leonid S. Lyakhovich, Professor
Tomsk State University
of Architecture and Building;
2, Solyanaya sq., Tomsk, 634003,
Russia

Rashid A. Mangushev, Professor
Saint Petersburg State University of
Architecture and Civil Engineering;
4, 2-nd Krasnoarmeiskaya Street,
Saint Petersburg, 190005, Russia

Ilizar T. Mirsayapov, Professor
Kazan State University
of Architecture and Engineering;
1, Zelenaya Street, Kazan, 420043,
Republic of Tatarstan, Russia

Vladimir L. Mondrus, Professor
National Research Moscow State
University of Civil Engineering;
Yaroslavskoe shosse 26, Moscow,
129337, Russia

Anatoly V. Perelmuter, Professor
SCAD Soft;
Office 1,2, 3a Osvity street,
Kiev, 03037, Ukraine

Alexey N. Petrov, Professor
Petrozavodsk State University;
33, Lenina Prospect, Petrozavodsk,
185910, Republic of Karelia, Russia

Vladilen V. Petrov, Professor
Yuri Gagarin State Technical
University of Saratov;
77 Politechnicheskaya Street,
Saratov, 410054, Russia

Jerzy Z. Piotrowski, Professor
Kielce University of Technology;
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7,
Kielce, 25 – 314, Poland

Chengzhi Qi, Professor
Beijing University of Civil
Engineering and Architecture;
1, Zhanlanlu, Xicheng District,
Beijing, China

Nikolaj N. Shaposhnikov, Professor
Moscow State University of Railway
Engineering; 9, Obraztsova Street,
Moscow, 127994, Russia

Eun Chul Shin, Professor
Incheon National University;
(Songdo-dong)119 Academy-ro,
Yeonsu-gu, Incheon, Korea

D.V. Singh, Professor
Vice-Chairman all India Council
for Technical Education;
New Delhi, India

Wacław Szczeciński, Professor
Lublin University of Technology;
Ul. Nadbystrzycka 40,
20-618 Lublin, Poland

Tadatsugu Tanaka, Professor
Tokyo University; 7-3-1 Hongo,
Bunkyo, Tokyo, 113-8654, Japan

Zbigniew Wojciecki, Professor
Wrocław University of Technology;
11 Grunwaldzki Sq., 50-377,
Wrocław, Poland

Askar Zhussupbekov, Professor
Eurasian National University;
5, Munaitpassov street, Astana,
010000, Kazakhstan

INVITED REVIEWERS

Akimbek A. Abdikalikov, Professor, Dr.Sc.,
Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture n.a. N. Isanov;
34 Malydybayeva Str., Bishkek, 720020, Biskek, Kyrgyzstan

Vadim K. Akhmetov, Professor, Dr.Sc.
National Research Moscow State University of Civil Engineering;
26, Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Russia

Ján Čelko, Professor, PhD, Ing.
University of Žilina; Univerzitná 1, 010 26, Žilina, Slovakia

Stanislaw Jemioło, Professor, Dr.Sc.,
Warsaw University of Technology; 1, Pl. Politechniki, 00-661, Warsaw, Poland

Konstantin I. Khenokh, M.Ing., M.Sc.
Trinity Industries, Inc.; 2525 Stemmons Freeway, Dallas, Texas 75207, USA

Christian Koch, Dr.-Ing.
Ruhr-Universität Bochum;
Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen, Gebäude IA, 44780, Bochum, Germany

Gaik A. Manuylov, Professor, PhD
Moscow State University of Railway Engineering; 9, Obratsova Street, Moscow, 127994, Russia

Alexander S. Noskov, Professor, Dr.Sc.
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin;
19 Mira Street, Ekaterinburg, 620002, Russia

Nelli N. Rogacheva, Professor, Dr.Sc.
National Research Moscow State University of Civil Engineering;
26, Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Russia

Grzegorz Świt, Professor, Dr.hab. Inż.,
Kielce University of Technology; 7, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego, Kielce, 25 – 314, Poland

Josef Vičan, Professor, PhD, Ing.
University of Žilina; Univerzitná 1, 010 26, Žilina, Slovakia

Artur Zbiciak, Associate Professor
Warsaw University of Technology; 1, Pl. Politechniki, 00-661, Warsaw, Poland

AIMS AND SCOPE

The aim of the Journal is to advance the research and practice in structural engineering through the application of computational methods. The Journal will publish original papers and educational articles of general value to the field that will bridge the gap between high-performance construction materials, large-scale engineering systems and advanced methods of analysis.

The scope of the Journal includes papers on computer methods in the areas of structural engineering, civil engineering materials and problems concerned with multiple physical processes interacting at multiple spatial and temporal scales. The Journal is intended to be of interest and use to researches and practitioners in academic, governmental and industrial communities.

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЖУРНАЛЕ

International Journal

for Computational Civil and Structural Engineering

(Международный журнал по расчету гражданских и промышленных конструкций)

Международный научный журнал “International Journal for Computational Civil and Structural Engineering (Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций)” (IJCCSE) является ведущим научным периодическим изданием по направлению «Инженерные и технические науки», издаваемым, начиная с 1999 года. В журнале на высоком научно-техническом уровне рассматриваются проблемы численного и компьютерного моделирования в строительстве, актуальные вопросы разработки, исследования, развития, верификации, апробации и приложений численных, численно-аналитических методов, программно-алгоритмического обеспечения и выполнения автоматизированного проектирования, мониторинга и комплексного наукоемкого расчетно-теоретического и экспериментального обоснования напряженно-деформированного (и иного) состояния, прочности, устойчивости, надежности и безопасности ответственных объектов гражданского и промышленного строительства, энергетики, машиностроения, транспорта, биотехнологий и других высокотехнологичных отраслей.

В редакционный совет журнала входят известные российские и зарубежные деятели науки и техники. Основным критерий отбора статей для публикации в журнале – их высокий научный уровень, соответствие которому определяется в ходе высококвалифицированного рецензирования и объективной экспертизы, поступающих в редакцию материалов.

Журнал входит в Перечень ВАК РФ ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. В Российской Федерации журнал индексируется Российским индексом научного цитирования (РИНЦ). Журнал входит в базу данных *Russian Science Citation Index (RSCI)*, полностью интегрированную с платформой *Web of Science*. Журнал имеет международный статус и высылается в ведущие библиотеки и научные организации мира.

Издатели журнала – Издательство Ассоциации строительных высших учебных заведений /АСВ/ (Россия, г. Москва) и Издательский дом Begell House Inc. (США, г. Нью-Йорк). Партнерами издания является *Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН)* и *Научно-исследовательский центр СтаДиО (ЗАО НИЦ СтаДиО)*.

Цели журнала – демонстрировать в публикациях российскому и международному профессиональному сообществу новейшие достижения науки в области вычислительных методов решения фундаментальных и прикладных технических задач, прежде всего в области строительства.

Задачи журнала:

– предоставление российским и зарубежным ученым и специалистам возможности опубликовать результаты своих исследований;

– привлечение внимания к наиболее актуальным, перспективным, прорывным и интересным направлениям развития и приложений численных и численно-аналитических методов решения фундаментальных и прикладных технических задач, совершенствования технологий математического, компьютерного моделирования, разработки и верификации реализующего программно-алгоритмического обеспечения;

– обеспечение обмена мнениями между исследователями из разных регионов и государств.

Тематика журнала. К рассмотрению и публикации в журнале принимаются аналитические материалы, научные статьи, обзоры, рецензии и отзывы на научные публикации по фундаментальным и прикладным вопросам технических наук, прежде всего в области строительства. В журнале также публикуются информационные материалы, освещающие научные мероприятия и передовые достижения Российской академии архитектуры и строительных наук, научно-образовательных и проектно-конструкторских организаций.

Тематика статей, принимаемых к публикации в журнале, соответствует его названию и охватывает направления научных исследований в области разработки, исследования и приложений численных и численно-аналитических методов, программного обеспечения, технологий компьютерного моделирования в решении прикладных задач в области строительства, а также соответствующие профильные специальности, представленные в диссертационных советах профильных образовательных организациях высшего образования.

Редакционная политика. Политика редакционной коллегии журнала базируется на современных юридических требованиях в отношении авторского права, законности, плагиата и клеветы, изложенных в законодательстве Российской Федерации, и этических принципах, поддерживаемых сообществом ведущих издателей научной периодики.

За публикацию статей плата с авторов не взимается. Публикация статей в журнале бесплатная. На платной основе в журнале могут быть опубликованы материалы рекламного характера, имеющие прямое отношение к тематике журнала.

Авторам. Прежде чем направить статью в редакцию журнала, авторам следует ознакомиться со всеми материалами, размещенными в разделах сайта журнала (интернет-сайт Российской академии архитектуры и строительных наук (<http://raasn.ru>); подраздел «Издания РААСН» или интернет-сайт Издательства АСВ (<http://iasv.ru>); подраздел «Журнал IJCCSE»); с основной информацией о журнале, его целях и задачах, редакционной политикой, порядком рецензирования направляемых в журнал статей и пр.

Подписка. Журнал зарегистрирован в Федеральном агентстве по средствам массовой информации и охраны культурного наследия Российской Федерации. Индекс в общероссийском каталоге РОСПЕЧАТЬ – 18076.

По вопросам подписки на международный научный журнал “International Journal for Computational Civil and Structural Engineering (Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций)” обращайтесь в Агентство «Роспечать» (Официальный сайт в сети Интернет: <http://www.rospr.ru/>) или в издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ) в соответствии со следующими контактными данными:

ООО «Издательство АСВ»

Юридический адрес: 129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 26, офис 705;

Фактический адрес: 129337, Россия, г. Москва, Ярославское ш., д. 19, корп. 1, 5 этаж, офис 12 (ТЦ Мебель России);

Телефоны: +7 (925) 084-74-24, +7 (926) 010-91-33

Интернет-сайт: www.iasv.ru. Адрес электронной почты: iasv@iasv.ru.

Контактная информация.

По всем вопросам работы редакции, рецензирования, согласования правки текстов и публикации статей следует обращаться к главному редактору журнала *Сидорову Владимиру Николаевичу* (e-mail: sidorov.vladimir@gmail.com, iasv@iasv.ru, sidorov@raasn.ru) или техническому редактору журнала *Кайтукову Таймуразу Батразовичу* (адреса электронной почты: kaytukov@raasn.ru; tkaytukov@gmail.com). Кроме того, по указанным вопросам, а также по вопросам размещения в журнале рекламных материалов можно обращаться к генеральному директору ООО «Издательство АСВ» *Никитиной Надежде Сергеевне* (адреса электронной почты: iasv@iasv.ru, nsnikitina@mail.ru, ijccse@iasv.ru).

Журнал становится технологичнее. Издательство ACB с сентября 2016 года является членом Международной ассоциации издателей научной литературы (PILA), осуществляющей свою деятельность на платформе CrossRef. Оригинальным статьям, публикуемым в журнале, будут присваиваться уникальные номера (индексы DOI – Digital Object Identifier), что значительно облегчит поиск метаданных и местонахождение полнотекстового произведения. DOI – это система определения научного контента в сети Интернет.

CrossRef – независимая организация, образованная в 2000 году по инициативе группы научных издателей. Инициатором разработки технологии стало издательство Wiley. Технология использования ссылок (DOI) принадлежит агентству CrossRef.

Publishers International Linking Association (PILA) – Международная ассоциация по связям издателей – является управляющей структурой агентства CrossRef – агрегатора и регистратора DOI, а также международной базой научных статей и их метаданных (www.crossref.org). На настоящий момент в базе несколько десятков миллионов материалов.

Использование этой технологии позволит представить информацию о журнале на международной платформе издателей научной литературы CrossRef, обеспечит удобный и принятый в мировом научном сообществе доступ к полнотекстовой электронной версии. Это значительно облегчит поиск научной информации, что способствует повышению наукометрических показателей авторов статей, публикуемых в журнале. Если, например, у произведения российского автора есть DOI и если на его работу имеется ссылка в публикации зарубежного коллеги в журнале, включенном в Web of Science и Scopus, то такое произведение автоматически попадает в эти базы данных и получает в нем собственный индекс цитируемости.

Все журналы, индексируемые в международной базе научного цитирования Web of Science и большинство периодических изданий, индексируемых в международной базе Scopus, имеют DOI. Использование цифрового идентификатора говорит прежде всего о технологическом качестве научного издания и является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

С октября 2016 года становится возможным прием статей на рассмотрение и рецензирование через он-лайн систему приема статей Open Journal Systems на сайте журнала. Автор будет иметь возможность следить за продвижением статьи в редакции в личном кабинете Open Journal Systems и получать соответствующие уведомления по электронной почте.

International Journal for
Computational Civil and Structural Engineering

(Международный журнал по расчету гражданских и промышленных конструкций)

Volume 12, Issue 3

2016

TABLE OF CONTENTS (СОДЕРЖАНИЕ)

Математическое моделирование гидродинамики и устойчивости соосно вращающихся потоков	<u>9</u>
<i>В.К. Ахметов, В.В. Ахметова</i>	
Моделирование запроектных воздействий при исследовании жизненного цикла конструкций зданий и сооружений	<u>15</u>
<i>М.С. Барабаш</i>	
О вопросах автоматизации систем мониторинга для оценки текущего состояния строительных конструкций зданий и сооружений	<u>26</u>
<i>А.М. Белостоцкий, П.А. Акимов</i>	
Конструктивная нелинейность. Односторонние связи. Проблемы реализации	<u>35</u>
<i>А.С. Городецкий, Д.А. Городецкий, А.В. Пикуль</i>	
Оценивание матричных параметров квадратичной модели нелинейного объекта управления	<u>40</u>
<i>Р.Л. Лейбов</i>	
О явлении потери устойчивости продольно сжатой круговой цилиндрической оболочки. Часть 1: О послекритическом равновесии оболочки	<u>58</u>
<i>Г.А. Мануйлов, С.Б. Косицын, М.М. Бегичев</i>	
Математическое моделирование сейсмических нестационарных упругих волн напряжением в Курпсайской плотине с основанием (полуплоскость)	<u>73</u>
<i>В.К. Мусаев</i>	
О численном моделировании нестационарных сейсмических упругих волн напряжений в плотине Койна с основанием (полуплоскость)	<u>80</u>
<i>В.К. Мусаев</i>	
О программно-алгоритмической реализации и апробации подхода к расчету строительных конструкций на основе совместного применения метода конечных элементов и дискретно-континуального метода конечных элементов	<u>95</u>
<i>О.А. Негрозов, П.А. Акимов</i>	

Сопоставление конкурирующих результатов расчета <i>А.В. Перельмутер</i>	<u>104</u>
Математическое моделирование долговечности тонкостенных пространственных конструкций в агрессивной среде <i>В.В. Петров</i>	<u>114</u>
Об основных итогах Шестого Международного симпозиума «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений» <i>В.И. Травуш, П.А. Акимов, А.В. Баенхаев, А.Т. Беккер, А.М. Белостоцкий, Т.Б. Кайтуков, В.Н. Сидоров</i>	<u>129</u>
Filtration of Forward and Back Flow of Suspension in Porous Media <i>Ludmila I. Kuzmina, Yuri V. Osipov</i>	<u>145</u>
Информация о конкурсе на выполнение фундаментальных научных исследований Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации и Российской академии архитектуры и строительных наук в 2017 году	<u>151</u>
К Юбилею Владимира Ильича Травуша	<u>155</u>
К Юбилею Николая Ивановича Карпенко	<u>156</u>
К Юбилею Александра Тевьевича Беккера	<u>157</u>
К Юбилею Владимира Игоревича Андреева	<u>158</u>
К Юбилею Таймураза Батразовича Кайтукова	<u>159</u>
К Юбилею Александра Викторовича Кузьмина	<u>160</u>
К Юбилею Евгения Михайловича Чернышова	<u>161</u>
К Юбилею Бориса Александровича Крылова	<u>162</u>
Ушел из жизни Семен Макеевич Скоробогатов	<u>163</u>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАПРОЕКТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

М.С. Барабаш

ООО «ЛИРА САПР», г. Киев, УКРАИНА

Национальный авиационный университет, г. Киев, УКРАИНА

Аннотация: В статье рассматриваются возможные запроектные воздействия при проектировании, возведении и на эксплуатационной стадии. Представлено несколько способов проектирования реальных зданий с защитными мероприятиями от прогрессирующего обрушения. Моделирование запроектных воздействий необходимо для исследования живучести конструкций, возможности и механизма ее приспособления при аварийном выходе из строя отдельных конструктивных элементов. В связи с этим очевидна необходимость развития численных методов расчета зданий на запроектные воздействия, а также исследования несущих конструктивных элементов при возникновении аварийной ситуации.

В статье представлена методика, позволяющая проверить устойчивость здания к прогрессирующему обрушению. Методика заключается в выполнении нелинейного расчета на особое (аварийное) сочетание нормативных нагрузок и воздействий, включающее нормативные постоянные и длительные нагрузки, а также воздействие гипотетических локальных разрушений несущих конструкций. Предлагается математическое обоснование моделирования процесса нагружения на основе уточненного шагового метода, как основного метода при моделировании процессов жизненного цикла конструкций.

Рассмотрен реальный пример выполнения расчета на прогрессирующее обрушение конструкций высотного жилого комплекса с подземным паркингом с учетом поэтапности монтажа, выполнена проверка здания на опрокидывание. Также рассмотрено здание торгово-офисного комплекса с объектами общественного назначения и паркингом, где производился расчет на прогрессирующее обрушение плиты перекрытия верхнего технического этажа. Расчет плиты выполнялся на аварийную посадку либо крушение вертолета о плиту перекрытия.

Рассмотрен пример здания с возникшими запроектными нагрузками в процессе его возведения. В процессе авторского надзора было выявлено ряд колонн, не удовлетворяющих проектным характеристикам. Выполненное моделирование дало возможность сделать вывод о возникшем разрушении некоторых колонн в следствие перераспределения усилий и даны рекомендации по необходимости усиления.

Рассмотрен реальный пример исследования кирпичного эксплуатируемого здания при воздействии взрывной волны бытового газа.

Ключевые слова: запроектные воздействия, прогрессирующее обрушение, жизненный цикл, численное моделирование, компьютерное моделирование, нелинейный расчет, устойчивость, прочность, безопасность, надежность

MODELLING OF UNEXPECTED LOADS BEYOND DESIGN VALUE DURING RESEARCH OF BUILDING CONSTRUCTION LIFE CYCLE

Maria S. Barabash

“LIRA SAPR” Ltd., Kiev, UKRAINE

National Aviation University, Kiev, UKRAINE

Abstract: The paper focuses on possible unexpected loads beyond design value in design, erection and at the maintenance stage. The paper presents several methods for design of real buildings with safety measures against progressive collapse. Modelling of such unexpected loads is necessary for research of structures' survivability as well as possibility and mechanism how it will adapt to accidental failure of separate structural elements. In this regard, it is clearly necessary to

develop numerical methods for analysis of buildings in unexpected loads beyond design value and to study bearing structural elements in case of emergency.

The paper describes the technique that allows you to check stability of the building in progressive collapse. The procedure considers nonlinear analysis on specific (emergency) combination of normative loads. This combination consists of normative dead and live loads as well as loads from hypothetic local damages of bearing structures. The paper proposes mathematical justification for modelling of loading process based on updated step-type method as the basic method for modelling the life cycle for the structures.

The paper demonstrates real example of analysis on progressive collapse in high-rise residential building with underground parking with account of assemblage stages; a check for building in turn-over is carried out. Another example presents the building of commercial and office premises with public facilities and parking. In this example, analysis on progressive collapse for the floor slab of the upper technical storey was carried out. Slab was analysed in emergency landing or the crash of helicopter against the floor slab.

One more example presents the building where unexpected loads (beyond design value) arise during erection of the building. Several columns that do not meet design parameters were found during on-site supervision. The modelling enables the author to draw a conclusion that several columns were damaged because forces were redistributed; recommendations on strengthening procedure are provided.

Real example of existing brick building in explosion of domestic gas is also presented.

Keywords: unexpected loads beyond design value, progressive collapse, life cycle, numerical modelling, computer modelling, nonlinear analysis, stability, strength, safety, reliability

ВВЕДЕНИЕ

Определяющее значение при проектировании имеет методика моделирования зданий с учетом реальной работы конструкций, нелинейных свойств материалов, учета процесса поэтапного возведения, а также построение корректной конструктивной схемы здания с учетом изменения напряженно-деформированного состояния в течении жизненного цикла [2, 3]. Учет процессов жизненного цикла оказывает значительное влияние на формирование адекватной расчетной компьютерной модели здания и на выбор рационального метода расчета, позволяющего получить реальные данные о напряженно-деформированном состоянии (НДС) несущих конструкций [4, 9].

В статье предлагаются подходы, позволяющие перейти от ранее принятой концепции расчета (расчетная схема – НДС) к современной – моделирование процессов жизненного цикла (процесс возведения, процесс нагружения и др.). В частности, предлагается методика моделирования зданий на прогрессирующее обрушение с учетом приспособляемости конструкций.

Анализ публикаций. Вопросам разработки методов предотвращения прогрессирующему

обрушению посвящены труды Алмазова В.О. [1], Плотникова А.И., Расторгуева Б.С. [12], работы сотрудников МНИИТЭП Шапиро Г.И., Гурьева В.В., Эйсмана Ю.А. [13], зарубежных ученых Powell G. [20], Gilmour J.R. и Viridi K.S. [17], Kaewkulchai G. и Williamson E.B. и [17], Pretlove A.J., Ramsden M. и Atkins A.G. [20], Leyendecker, E.V., Ellingwood, B.R. [19] и других ученых. В работах показано влияние динамического эффекта при прогрессирующем обрушении, которое уменьшается при увеличении пластических деформаций.

Следует отметить, что в нормативных документах разных стран неоднозначно трактуется «прогрессирующее обрушение». Отличается не только определение, но и допустимые его размеры [10, 11, 14, 15, 16].

Постановка задачи. Моделирование zapроектных воздействий необходимо для исследования живучести конструкции, возможности и механизма ее приспособления при аварийном выходе из строя отдельных конструктивных элементов. Такой анализ может быть сделан в рамках нелинейного динамического расчета, однако его выполнение при массовом проектировании в настоящее время не представляется возможным ввиду боль-

шой сложности и ресурсоемкости расчета. В то же время, можно считать несостоятельной и попытку моделирования процесса «прогрессирующего» разрушения конструкции на основе линейно–упругого статического расчета, предпринятую в некоторых работах и программных комплексах. Для решения этого класса задач предлагается математическое моделирование процесса нагружения на основе уточненного шагового метода, как основного метода при моделировании процессов жизненного цикла конструкций.

В данной работе моделирование аварийной ситуации предлагается проводить по следующей схеме. На первом этапе выполняется расчет конструкции в эксплуатационной стадии или в нескольких монтажных и эксплуатационных стадиях, с учетом истории возведения и нагружения конструкции, предшествующих локальному разрушению. При этом учитывается физическая и геометрическая нелинейность работы конструкции. Напряженно–деформированное состояние первого этапа является стартовым для второго этапа, на котором выполняется расчет схемы с выключенными из работы (удаленными) элементами. Нагрузкой на втором этапе являются усилия в удаленных элементах, увеличенные на коэффициент, учитывающий динамику процесса. Расчет также необходимо проводить с учетом физической и геометрической нелинейности. Если при этом окажется, что некоторые элементы модели не удовлетворяют условию прочности (т.е. разрушаются), то расчет продолжается аналогичным образом на следующей стадии без таких элементов. Расчет будет завершен либо локализацией процесса разрушения, либо полным разрушением несущей системы [5]. Однако следует заметить, что в большинстве случаев для предотвращения «прогрессирующего» обрушения конструкции необходимо обеспечить несущую способность всех ее элементов при начальных аварийных повреждениях. В этих случаях расчет будет остановлен на первой стадии второго этапа расчета и моделирование процес-

са «прогрессирующего» обрушения не потребуются.

Далее на реальных примерах рассматривается методика оценки устойчивости каркасов высотных зданий при обрушении разных типов: обрушение опорной колонны нижнего этажа; расчет плиты на аварийную посадку либо крушение вертолета о колонну вертолетной площадки, взрыв бытового газа в кирпичном здании.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Решить задачи, связанные с запроектными воздействиями экспериментальными методами зачастую не представляется возможным. Развитие методов компьютерного моделирования и численных методов расчета позволяет решать подобные задачи. В статье предложены конечно–элементные модели и подходы, которые можно использовать в дальнейшем для прогнозирования поведения конструкций при аварийных ситуациях.

Например, при реализации расчетов на прогрессирующее обрушение, необходимо принимать во внимание условность исходных предпосылок, заключающаяся в следующем:

- отсутствует достоверная информация о месте и причине возникновения процесса и характере разрушения;
- реальные параметры предельных разрушающих характеристик материалов, как правило, отличаются от условий прочности, принятых в нормах, поэтому в расчетных программных комплексах, например, таких как ЛИРА-САПР (подсистема МОНТАЖ), при физически–нелинейном расчете, кроме нормируемых данных о материалах (бетон, арматура), предусматривается задание произвольных расчетных значений параметров прочности (в том числе по результатам натурных наблюдений).

Таким образом, в результате численного моделирования можно получить качественную оценку характеристик устойчивости кон-

струкции по отношению к прогрессирующему обрушению, а также сопоставить несколько возможных сценариев обрушения с целью выявления слабых мест конструкции. Для оценки устойчивости здания к прогрессирующему обрушению необходимо рассматривать лишь наиболее опасные расчетные схемы разрушения.

Устойчивость к прогрессирующему обрушению проверяется нелинейным расчетом на особое (аварийное) сочетание нормативных нагрузок и воздействий, включающее нормативные постоянные и длительные нагрузки, а также воздействие гипотетических локальных разрушений несущих конструкций. Допускается в первом приближении после определения зоны локального обрушения, например по подсистеме «ЛИТЕРА» в программном комплексе ЛИРА-САПР (ПК ЛИРА-САПР), выполнять расчет конструкций с учетом демонтажа разрушенных элементов при пониженных модулях упругости несущих элементов: вертикальных с коэффициентом - $0.6E_0$, плит перекрытия (покрытия) - $0.3E_0$. Перемещения элементов конструкций и развитие трещин не ограничиваются, но коэффициент запаса при проверке устойчивости такой системы с демонтированными элементами должен быть более двух.

Коэффициенты надежности по нагрузкам принимаются равными единице. За расчетные характеристики материалов принимаются их нормативные значения. Кроме того, расчетные сопротивления умножаются на повышающие коэффициенты условий работы, учитывающие малую вероятность аварийных воздействий и рост прочности бетона после возведения здания, а также возможность работы арматуры за пределом упругости. Такая возможность введения поправочных коэффициентов к прочности материала и модулю упругости на различных стадиях монтажа и демонтажа реализована в расчетном процессоре ПК ЛИРА-САПР (подсистема МОНТАЖ).

Минимальная площадь продольной и поперечной арматуры в железобетонных пере-

крытиях и покрытиях должна быть не менее 0.25% от площади бетона, при этом арматура должна быть непрерывной и стыковаться в соответствии с требованиями по проектированию железобетонных конструкций.

ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАПРОЕКТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

На стадии проектирования. Рассмотрим реальный пример выполнения расчета на прогрессирующее обрушение конструкций высотного жилого комплекса с подземным паркингом. Общая высота здания $H=+84,3\text{м}$, $H_{\text{подвала}}=-4,3\text{м}$, фундаментная плита 1.5м. Для получения достоверных данных о напряженно-деформированном состоянии (НДС) высотного здания расчет выполнен с учетом поэтапности возведения и с учетом нелинейной работы материалов в программном комплексе ЛИРА-САПР (рис. 1). Для оценки устойчивости здания против прогрессирующего обрушения рассмотрены варианты разрушения одного из пилонов сечением $50 \times 180\text{см}$ (площадь 0.9м^2) в средней части здания с максимальным пролетом плиты 4.6 м. После удаления пилона изменяется конструктивную схему и характер работы пилонов примыкающих к месту разрушения. Пролет становится равным 8.85 м, плита «зависает» в месте удаления пилона (рис. 2).

Так максимальное перемещение по результатам линейного расчета составило 41,5 мм, а по нелинейному расчету - 154 мм (рис. 3). Перемещения по результатам нелинейного расчета больше в 3,7 раза, чем по результатам линейного расчета. Это свидетельствует о том, что при линейном расчете нельзя учесть реальную работу несущих элементов конструкции при возникновении аварийных ситуаций.

В качестве второго примера рассмотрим здание торгово-офисного комплекса с объектами общественного назначения и вертолетной площадкой. Фундаментная плита 1.35м, монолитный каркас +138.9м.



Рисунок 1. Пространственная схема здания, планы этажей и конечно-элементная схема.

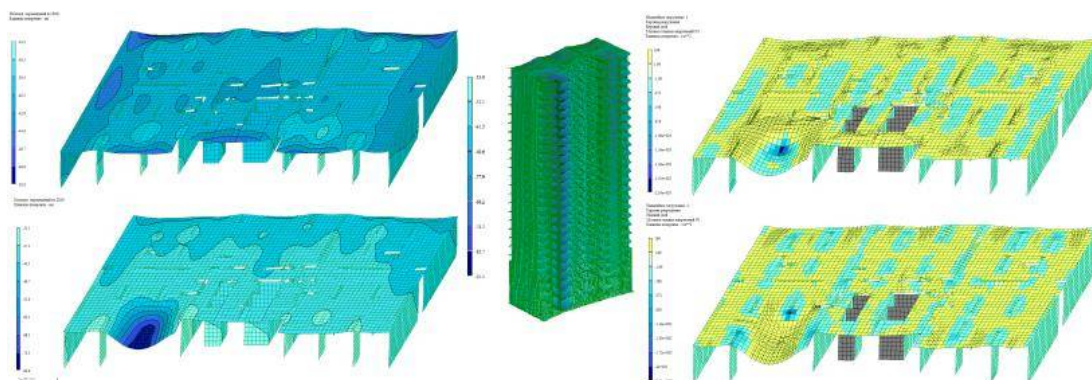


Рисунок 2. Напряженно-деформированное состояние плиты перекрытия при обрушении пилона, смоделированные в ПК ЛИРА-САПР.

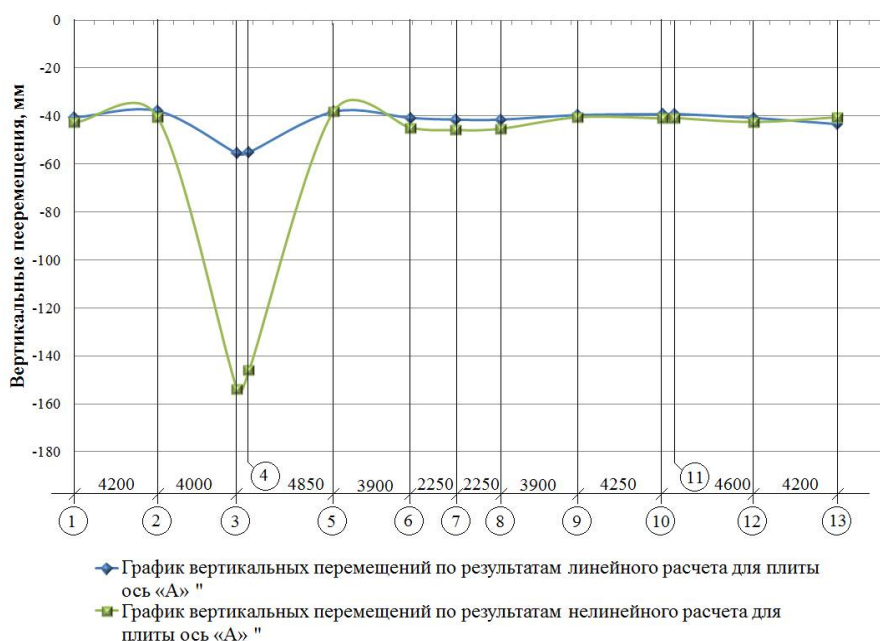


Рисунок 3. Графики вертикальных перемещений при обрушении пилона для плиты по оси «А».

Производится расчет шаговым методом на прогрессирующее обрушение плиты перекрытия верхнего технического этажа.

$$\{\sigma_i\} = \{\sigma_{i-1}\} + \{\Delta\sigma_i\}, \{\Delta\sigma_i\} = [D]_i \cdot \{\Delta\varepsilon\}_i \quad (1)$$

где $[D]$ – переменная матрица упругопластичности элемента с трещинами на i -том шаге; $\{\Delta\varepsilon\}$ – тензор приращения деформации; $\{\Delta\sigma\}$ – тензор приращения напряжений.

Критерием разрушения конструкций могут служить геометрическая изменяемость системы на m -том шаге; лавинообразный рост деформаций и перемещений системы. При этом в ПК ЛИРА-САПР выдается сообщение «разрушение конструкции» и дальнейший процесс расчета прекращается.

Выполним расчет плиты на аварийную посадку либо крушение вертолета о колонну

вертолетной площадки. Далее проводится анализ трещинообразования на участке обрушения верхнего перекрытия (рис. 4). На рисунках видно, активное трещинообразование расположено в наиболее загруженном участке плиты.

Приведенный расчет плиты перекрытия в физически нелинейной постановке показывает, что в плите развиваются зоны трещин и образуются пластические шарниры. В нижней арматуре плиты в центре пролета зафиксирована текучесть арматуры. При этом в верхней зоне плиты над колоннами также развиваются верхние трещины, но разрывов арматуры в плите не зафиксировано. Это свидетельствует, что эксплуатационная пригодность плиты не обеспечивается, но дальнейшее прогрессирующее лавинообразное обрушение плит не происходит [7].

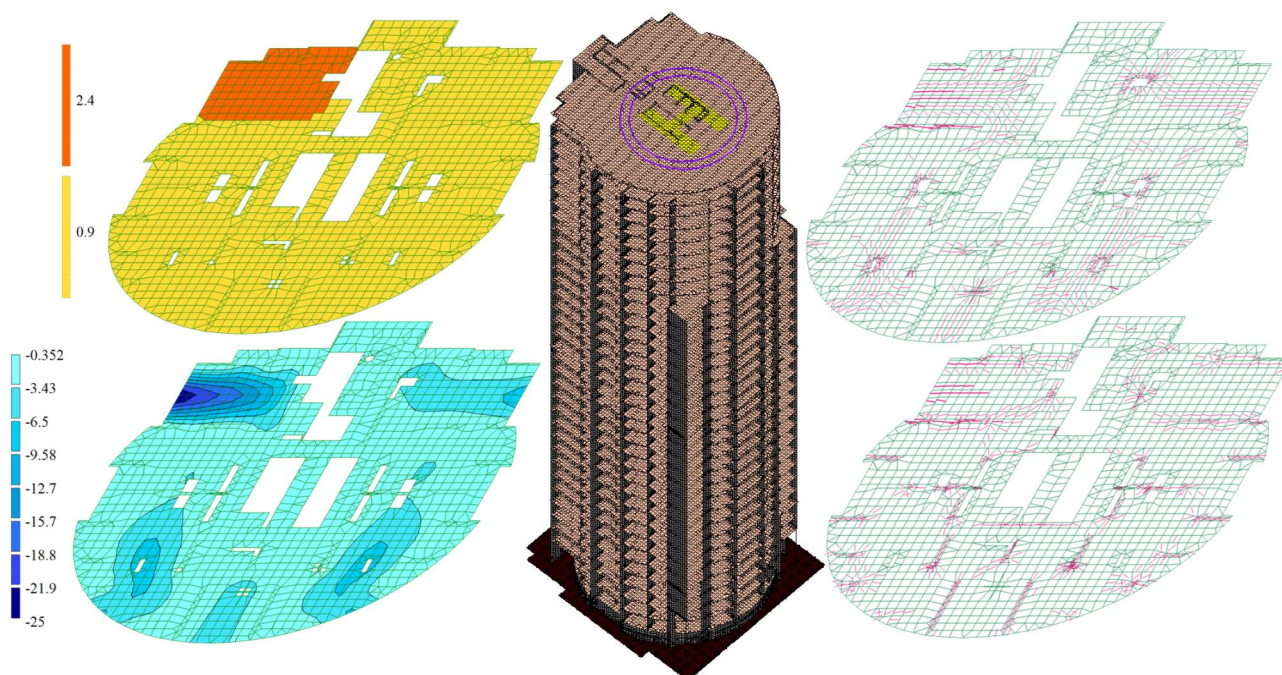


Рисунок 4. Расчетная модель и трещинообразование в плите перекрытия.

На стадии возведения. Приведем пример моделирования здания при запроектных воздействиях, возникших на стадии возведения. На рис. 5 представлен общий вид расчетной схемы здания торгово-развлекательного цен-

тра с выделенными колоннами, которые подлежали обследованию и не удовлетворяющие проектным характеристикам. Расчетная схема достаточно подробная, включает 1.5 млн. неизвестных.

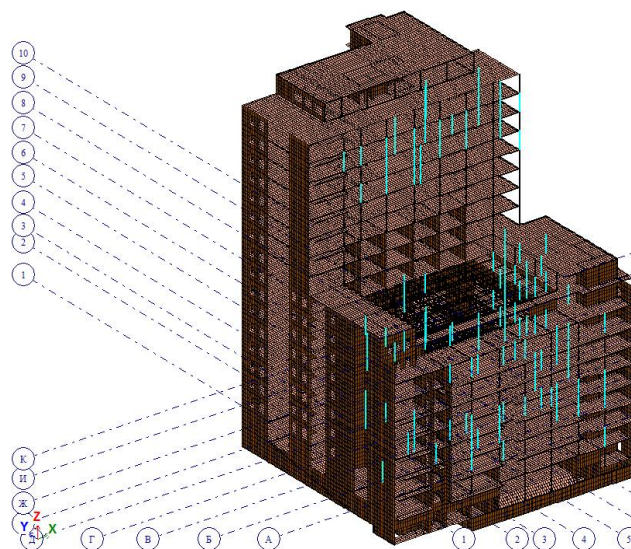


Рисунок 5. Расчетная схема здания, выделены колонны с неудовлетворительными проектными характеристиками.

Диафрагмы, фундаментная плита, плита перекрытия моделируются треугольными и четырехугольными элементами оболочки (42, 41, 44 типа). Балки, колонны, подкосы и фермы моделируются стержневыми конечными элементами.

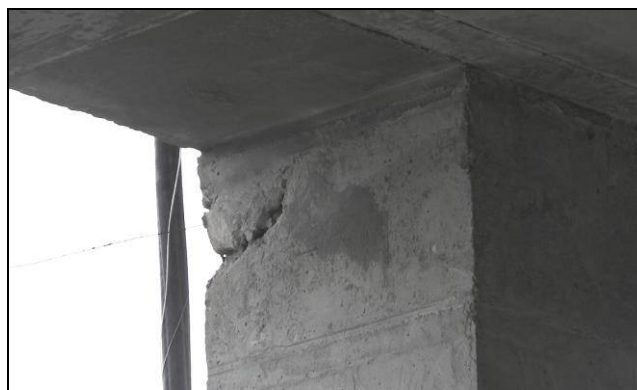
В процессе возведения объекта велось научное сопровождение за процессом строительства. В ходе наблюдений была определена оценка прочности бетона в колоннах. Оценка

прочности бетона выполнялась согласно ДСТУ Б.2.7-224:2009 «Правила контроля прочности». На рис. 6. а, б приведены снимки результатов наблюдений в процессе возведения здания.

Были выполнены проверочные расчеты с учетом полученных результатов оценки прочности бетона [5]. Расчеты выполнялись по следующей схеме.



а)



б)

Рисунок 6. Результаты ультразвукового обследования колонн на стадии возведения.

На первом этапе выполнен расчет здания с проектными характеристиками материалов на проектные нагрузки. По результатам этого расчета сформированы нелинейные жест-

кости всех элементов расчетной схемы, за исключением специальных элементов моделирующих грунт (тип 56). Полученные нелинейные жесткости были откорректирова-

ны в соответствии с результатами обследования для колонн, с классом бетона ниже проектного (69 типов жесткостей). После этого выполнен второй этап расчета на все проектные нагрузки с учетом нелинейных свойств материала и реальных жесткостных характеристик, полученных по результатам обследований. На рис. 7, а приведены полученные результаты расчета в нелинейной постановке. На рис. 7,б обозначены разрушенные элементы.

Таким образом, полученные результаты численного эксперимента позволяют сделать

вывод об эффективности нелинейного расчета по разработанной методике с учетом фактического состояния конструкций. При повреждении колонн наблюдается значительное перераспределение усилий на соседние конструктивные элементы, при этом на тех этажах, где повреждения значительные, то это может привести к разрушению, неповрежденных элементов, что показано на рис. 6.29,б. Красным цветом обозначена разрушенная колонна в виду перераспределения усилий, голубым цветом обозначены исследуемые поврежденные колонны.

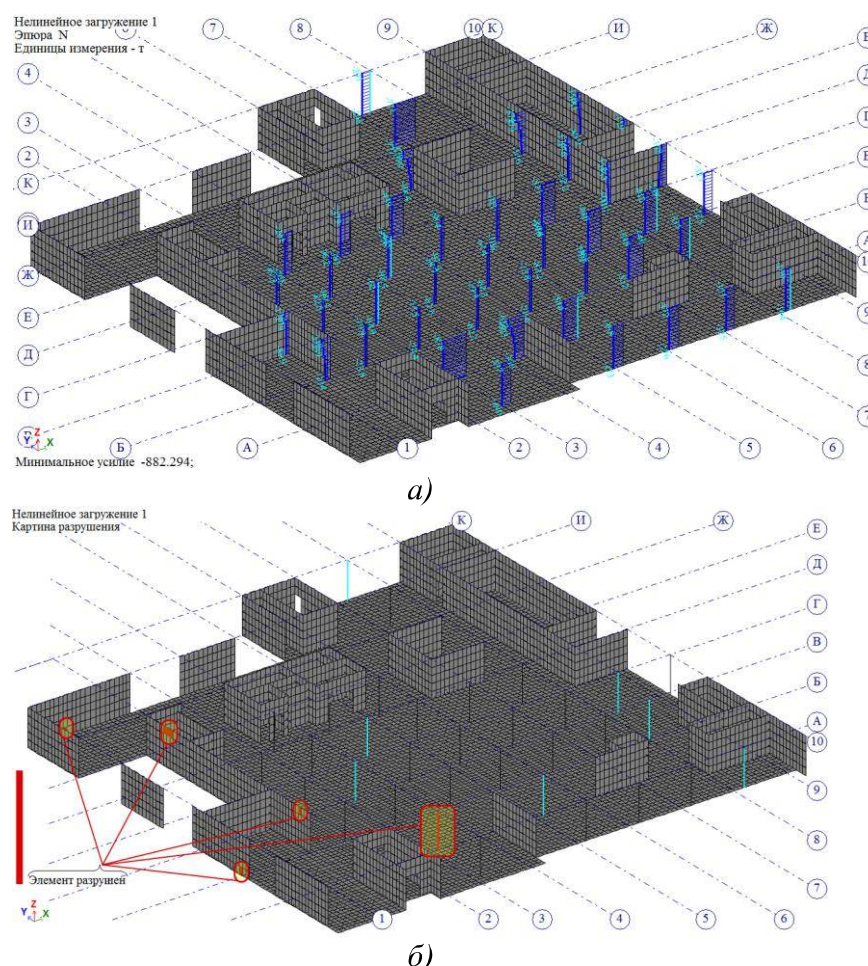


Рисунок 7. Реальное НДС колонн на проектной отметке +4.2 (а), картина разрушения (б).

На стадии эксплуатации. Рассмотрен случай взрыва бытового газа, произошедшего в одной из секций здания жилого кирпичного дома. Обрушение, которое произошло в ре-

зультате взрыва (в соответствии с критериями многих норм) можно отнести к прогрессирующему обрушению.

Проведенные после взрыва здания обследования позволили сделать выводы об ошибках в проектных решениях, которые и привели к прогрессирующему обрушению. Для проверки результатов обследования составлены конечно-элементные модели и выполнены расчеты здания на взрывное воздействие, которые подтвердили правильность сделанных предположений, позволили смоделировать характер разрушения, и сделать предложения по реконструкции разрушенного здания. Взрыв внутри здания (без дальнейшего горения) привел к обрушению строительных конструкций, изменению расчетной схемы и

нарушению пространственной жесткости одной из секций жилого дома. Повреждены наружные и внутренние стены здания, обрушены междуэтажные перекрытия, а также железобетонные плиты лоджии. В результате взрыва образовались выпуклости стен. От динамического воздействия взрыва образовались трещины во внутренней стене здания с первого по пятый этаж, трещины в междуэтажных перекрытиях, что свидетельствует о деформировании и снижении пространственной жесткости здания (Рис. 8).

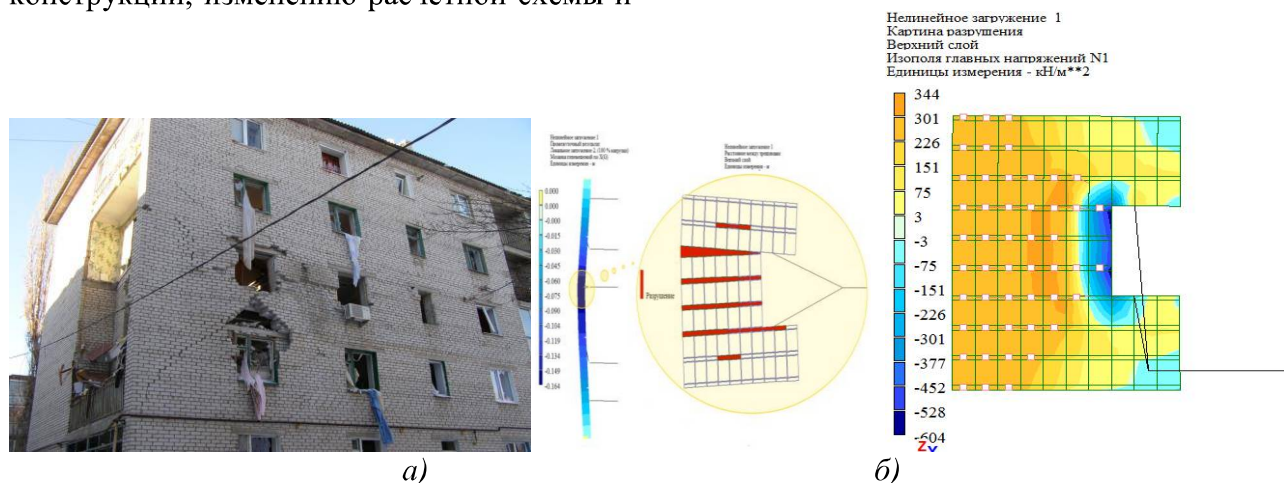


Рисунок 8. Деформирована и разрушена кладка наружной несущей стены (а), результаты расчета КЭ модели кирпичного простенка (б).

Таким образом, в результате расчета была получена картина разрушения, ставшая причиной возникновения прогрессирующего обрушения. Это подтверждает и правильность предположения о причине такого характера разрушения.

Некоторые плиты после взрыва остались частично опертыми по длинной стороне. Сменился характер их работы (сжатый в проектом положении слой плиты оказался растянутым). Это повлекло к частичному разрушению плит. Задача решалась в физически нелинейной постановке. Изменения характера работы плиты от нормального эксплуатационного к аварийному смоделирован с использованием постпроцессора МОНТАЖ ПК ЛИРА-САПР. На первой ста-

дии монтажа монтировалась вся КЭ модель, приложена постоянная, длительная и кратковременная нагрузки. На второй стадии монтажа частично демонтировались элементы опоры плиты перекрытия, приложена взрывная нагрузка. На третьей стадии монтажа – приложена нагрузка от веса обрушившейся плиты перекрытия.

Характер деформирования и разрушения конечно-элементной модели плиты перекрытия, полученный в результате расчета, похож на реальную картину разрушения многослойной плиты [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

При проектировании зданий и сооружений необходимо создавать конструктивные предпосылки для обеспечения приспособляемости конструкций к различным ситуациям, в том числе и форс-мажорным. Для решения этих задач необходимо рассчитывать конструкции в нелинейной постановке. Шаговые методы решения нелинейных задач в этих случаях наиболее приемлемы. При учете критерия безопасности и максимального предотвращения аварийных ситуаций необходимо стремиться решать эти вопросы наиболее экономичными способами. Реализованные в программном комплексе ЛИРА-САПР методика физически-нелинейного расчета конструкций с трещинами позволяет выполнять оценку устойчивости и устойчивой прочности каркаса при запроектных воздействиях, которые могут возникнуть на различных стадиях жизненного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазов В.О. Проблемы прогрессирующего разрушения // Научно-технический журнал «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», 2009, №6, с. 3-10.
2. Барабаш М.С., Городецкий А.С. Исследование вопросов живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов. – Дн-вск: ПГАСА, 2010, №56, с. 123-128.
3. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. – К.: Изд-во «Сталь», 2014. – 301 с.
4. Барабаш М. С., Городецкий А. С. Некоторые аспекты расчета зданий на устойчивость к прогрессирующему разрушению // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов. – Дн-вск: ПГАСА, 2009, №50, с. 157-162.
5. Барабаш М.С., Ромашкина М.А. Обеспечение конструктивной безопасности при проектировании высотных зданий с использованием ПК ЛИРА-САПР // Сборник научных трудов Международного научного семинара, г. Курск, 19-20 сентября 2013: Перспективы развития программных комплексов для расчета несущих систем зданий и сооружений. – Курск: ЮЗГУ, 2013, с. 73-82.
6. Барабаш М.С., Ромашкина М.А. Алгоритм моделирования и расчета конструкций с учетом ползучести бетона // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, Volume 10, Issue 2, 2014, pp. 56–64.
7. Барабаш М.С., Ромашкина М.А. Методика моделирования прогрессирующего обрушения на примере реальных высотных зданий // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Д.: ГВУЗ ПГАСА, 2014, №78, с. 28-37.
8. Барабаш М.С., Кирьязов П.Н., Ромашкина М.А. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния кирпичного жилого здания при взрыве бытового газа внутри помещения // Международный научный журнал: International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, Volume 12, Issue 1, 2016, pp. 73-85.
9. Городецкий А.С., Барабаш М.С. Некоторые аспекты расчета зданий на устойчивость к прогрессирующему разрушению // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов. – Дн-вск: ПГАСА, 2009, №50, с. 157-162.

10. Московские городские строительные нормы. Многофункциональные высотные здания и комплексы: МГСН 4.19-05. – [Введен в действие с 28-12-2005-]. – М., 2005. – 71 с. (Московские городские строительные нормы).
11. Проектирование высотных жилых и гражданских сооружений: ДБН В.2.2-24:2009. – [Введен в действие с 01-09-2009]. – К.: Минрегионстрой Украины, 2009. – 103 с. (Государственные строительные нормы Украины).
12. **Расторгуев Б.С., Плотников А.И., Хуснутдинов Д.З.** Проектирование зданий и сооружений при аварийных взрывных воздействиях. – М.: АСВ, 2007. – 152 с.
13. **Шапиро Г.И., Гурьев В.В., Эйсман Ю.А.** Методика расчета монолитных жилых зданий на устойчивость против прогрессирующего обрушения. – М.: МНИИТЭП, 2004. – 40 с.
14. American Society of Civil Engineers (ASCE). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, || SEI/ASCE 7-05, Reston, Va, 2005.
15. British Standards Institute, Structural Use of Steelwork in Building, Part 1: Code of Practice for Design - Rolled and Welded Sections, || BS 5950-1:2000, 2000.
16. General Services Administration (GSA), Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Modernization Projects, 2003.
17. **Gilmour J.R., Viridi K.S.** Numerical modelling of the progressive collapse of a framed structures as a result of impact or explosion. // 2nd int. PhD. Symposium in civil engineering, Budapest 1998
18. **Kaewkulchai G., Williamson E.B.** Dynamic behavior of planar frames during progressive collapse. // 16th ASCE Engineering Mechanics Conference, 2003.
19. **Leyendecker E.V., Ellingwood, B.R.** Design Methods for Reducing the Risk of Progressive Collapse in Buildings. // NBS Building Science Series 98, National Bureau of Standards, Washington, DC, 1977.
20. **Powell, Graham.** Progressive Collapse: Case Studies Using Nonlinear Analysis. SEAOC Annual Convention, Monterey, August 2004.
21. **Pretlove A.J., Ramsden M., Atkins A.G.** Dynamic Effects in Progressive Failure of Structures. // International Journal of Impact Engineering, Vol. 11, No.4, 1991, pp. 539-546.

Барабаш Мария Сергеевна, академик Академии строительства Украины, директор ООО «ЛИРА САПР», доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий строительства Института аэропортов, Национального авиационного университета, 03058, Украина, г. Киев, проспект Космонавта Комарова, д. 1; тел: +38 (095) 286-39-90; e-mail: bmari@ukr.net, http: www.liraland.ru

Maria S. Barabash, Academician of the Academy of Construction of Ukraine, the director of "LIRA SAPR" Ltd, DSc (Eng.), Associate Professor, Professor of Department of Computer Technology Building, Institute of Airports, National Aviation University, 1, Kosmonavta Komarova, 03058, Kiev, UKRAINE.
phone: +38 (095) 286-39-90;
e-mail: bmari@ukr.net., http: www.liraland.ru