



ISSN 0044-4472

1-2'2023

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

www.rifsm.ru

www.journal-hc.ru

издается с 1958 г.



Москва. Денежный переулок. 2021

И.А. Прокофьева

Информация предварительная. Возможны изменения!



Комитет Торгово-промышленной палаты РФ
по предпринимательству в сфере строительства
АО «ЦНИИЭП жилища – институт комплексного проектирования
жилых и общественных зданий» (АО «ЦНИИЭП жилища»)
Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (СИБСТРИН)
Объединенная редакция научно-технических журналов
«Жилищное строительство» и «Строительные материалы»®



XIII Международная научно-практическая конференция
«**InterConPan-2023: инновации для индустриального домостроения**»

InterConPan-2023

International Conference of Large-panel Construction

16–18 мая 2023 г.

г. Новосибирск

ПРОГРАММА:

1-й день

Пленарное заседание

Секции:

«Архитектура индустриальных зданий
и комплексное развитие территорий»;
«Инновационная технология предприятий
индустриального домостроения»

2-й день

Выездная сессия

ЗАО ЗЖБИ «Строительные Технологии
и Материалы»
Центр машиностроения
и металлообработки RODEN
ООО ЗКПД «Арматон»; ЖК «Весенний»

3-й день

Выездная сессия

ООО «Брусника»
ЖК «Пшеница» (ГК «Брусника»)

ТЕМАТИКА:

- Оборудование и технологии для обеспечения технологического суверенитета индустриального домостроения
- Инновационные строительные системы
- BIM-технологии в сборном домостроении
- Современные инновационные строительные материалы
- Архитектура и планировочные решения
- Малоэтажное индустриальное строительство
- Инновационная организация строительного производства
- Комплексное развитие территорий застройки



Генеральный спонсор



Постоянный партнер

PBS
Petro Building Systems

Партнеры



К проведению конференции будут подготовлены тематические номера журналов «Жилищное строительство» № 3 и «Строительные материалы» № 3.
Представление статей и рекламных материалов до 01.03.2023 г.

www.interconpan.ru

Организационный комитет: +7 (499) 976-20-36; 976-22-08
kpd-conf@mail.ru; mail@rifsm.ru www.rifsm.ru

Учредитель журнала: АО «ЦНИИЭП жилища»
Адрес: Россия, 127434, Москва,
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

Издатель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,
д. 9, корп. 1, кв. 1

Входит в Перечень ВАК,
государственный проект РИНЦ
и RSCI на платформе Web of Science

Журнал зарегистрирован Министерством РФ
по делам печати, телерадиовещания
и средств массовой информации
№ ФС77-64906

Главный редактор

ЮМАШЕВА Е.И.,
инженер-химик-технолог,
почетный строитель России

Редакционный совет:

НИКОЛАЕВ С.В.,
председатель, д-р техн. наук,
АО «ЦНИИЭП жилища» (Москва)

АЗАРОВ В.Н.,
д-р техн. наук (Волгоград)

АКИМОВ П.А.,
д-р техн. наук, академик РААСН
(Москва)

АЛЕКСЕЕВ Ю.В.,
д-р архитектуры, профессор (Москва)

БОДРОВ М.В.,
д-р техн. наук (Нижний Новгород)

ВАВРЕНЮК С.В.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Владивосток)

ВОЛКОВ А.А.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Москва)

ГАГАРИН В.Г.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Москва)

ЖУСУПБЕКОВ А.Ж.,
д-р техн. наук (Астана, Казахстан)

ЗВЕЗДОВ А.И.,
д-р техн. наук, президент Ассоциации
«Железобетон» (Москва)

ИЛЬИЧЕВ В.А.,
д-р техн. наук, академик РААСН
(Москва)

КОЛЧУНОВ В.И.,
д-р техн. наук, академик РААСН
(Курск)

МАНГУШЕВ Р.А.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН (Санкт-Петербург)

ОРЕЛЬСКАЯ О.В.,
д-р архитектуры, член-корреспондент
РААСН, профессор (Нижний Новгород)

ОСИПОВА Н.Н.,
д-р техн. наук (Саратов)

СУББОТИН О.С.,
д-р архитектуры (Краснодар)

ТАБУНЩИКОВ Ю.А.,
д-р техн. наук, член-корреспондент
РААСН, профессор (Москва)

ТЕР-МАТИРОСЯН А.З.,
д-р техн. наук (Москва)

ТИХОНОВ И.Н.,
д-р техн. наук (Москва)

Авторы

опубликованных материалов несут
ответственность за достоверность
приведенных сведений, точность данных
по цитируемой литературе
и за использование в статьях данных,
не подлежащих открытой публикации.

Редакция

может опубликовать статьи
в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора.

Перепечатка

и воспроизведение статей, рекламных
и иллюстративных материалов возможны
лишь с письменного разрешения главного
редактора.

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений.

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Издается с 1958 г.

1-2'2023

Градостроительство и архитектура

А.Ю. СТОЛБОУШКИН, В.С. ШЕВЕЛЕВ

Рациональные планировочные параметры социально-ориентированного жилья 3

С.А. КИЗИЛОВА

Экоустойчивые тенденции развития резервного жилища в условиях социального конфликта. . 13

Экономика замкнутого цикла в индустрии демонтажа и рециклинга (*Информация*) 19

Защита населенных пунктов от природных явлений

А.В. МАСЛЯЕВ

Проблема сейсмической опасности для населенных пунктов России. 21

Сохранение архитектурного наследия

П.В. ПАНУХИН

Формирование макроструктуры городов-крепостей Таврического полуострова
в период II в. до н. э. – середины XV в. 28

Кадры для отрасли

И.А. ПРОКОФЬЕВА

Преемственность парадигмы «учитель – ученик – гений» в архитектурном образовании. . . . 36

Тепловая защита зданий

О.Д. САМАРИН

Сравнение различных методов расчета остывания помещений
при прекращении теплоснабжения. 41

Защита зданий и сооружений от шума

Д.В. АБРАМКИНА

Шумовое загрязнение от систем вентиляции в жилых зданиях. 45

Расчет конструкций

А.Г. ЧЕРНЫХ, Р.В. ХОХРИН, Е.В. ДАНИЛОВ, П.С. КОВАЛЬ

Исследование прочности LVL при смятии цилиндрическим и треугольным штампами
с учетом изменения влажности 49

Технология и организация строительного производства

И.М. ЧАХКИЕВ, В.Ю. ДОРОНИН, Д.Н. МАТЮШКИН

Организационно-технологические решения реконструкции жилых зданий
исторического центра Санкт-Петербурга 54

С.А. СЫЧЁВ, Г.М. БАДЬИН, АЛЬ-ХАБИБ Ахмед А., АБАСС Агадир А.

Технология ускоренного винтового и болтового соединений железобетонных элементов
колонно-ригельного типа 61

Подземное строительство

И.И. САХАРОВ, В.М. ПОЛУНИН, П.В. ЛИТВИНОВ

Математическое моделирование изменения температуры грунтовой среды
на языке программирования Python 65

О.В. МКРТЫЧЕВ, А.Ю. САВЕНКОВ

Надежность встроеного подземного сооружения при воздействии воздушной ударной волны . . 71

На первой странице обложки: И.А. Прокофьева®. Москва. Денежный переулоч. Масло. 2021

Founder of the journal: AO «TSNIEP zhilishcha»
Address: 9/3 Dmitrovskoye Highway, 127434,
Moscow, Russian Federation

Publisher: «STROYMATERIALY»
Advertising-Publishing Firm, OOO
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
Moscow, 125319, Russian Federation

The journal is registered by the RF Ministry
of Press, Broadcasting and Mass
Communications, № FS77-64906

Editor-in-chief

YUMASHEVA E.,
chemical process engineer,
Honorary Builder of Russia

Editorial Board:

NIKOLAEV S.,
Chairman,
Doctor of Sciences (Engineering),
AO «TSNIEP zhilishcha» (Moscow)

ALEKSEEV Yu.,
Doctor of Architecture, Professor (Moscow)

AZAROV V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
(Volgograd)

AKIMOV P.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Academician of RAACS (Moscow)

BODROV M.V.,
Doctor of Sciences (Engineering)
(Nizhny Novgorod)

VAVRENIUK S.,
Doctor of sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Vladivostok)

VOLKOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Moscow)

GAGARIN V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Moscow)

ZHUSUPBEKOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering)
(Astana, Kazakhstan)

ZVEZDOV A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
President, Association «Zhelezobeton»
(Moscow)

IL'ICHEV V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Academician of RAACS, Research
Supervisor of the Academic Scientific
and Creative Center of RAACS (Moscow)

KOLCHUNOV V.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Academician of RAACS (Kursk)

MANGUSHEV R.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS
(Saint-Petersburg)

ORELSKAYA O.,
Doctor of Architecture, Corresponding
member of RAACS, Professor
(Nizhny Novgorod)

OSIPOVA N.N.,
Doctor of Sciences (Engineering) (Saratov)

SUBBOTIN O.,
Doctor of Architecture (Krasnodar)

TABUNSHIKOV Yu.A.,
Doctor of Sciences (Engineering),
Corresponding member of RAACS,
Professor (Moscow)

TER-MARTIROSIAN A.,
Doctor of Sciences (Engineering) (Moscow)

TIKHONOV I.,
Doctor of Sciences (Engineering) (Moscow)

The authors

of published materials are responsible for the
accuracy of the submitted information, the
accuracy of the data from the cited literature
and for using in articles data which are not
open to the public.

The Editorial Staff

can publish the articles as a matter for discus-
sion, not sharing the point of view of the author.

Reprinting

and reproduction of articles, promotional and
illustrative materials are possible only with the
written permission of the editor-in-chief.

The Editorial Staff is not responsible for
the content of advertisements and
announcements.

ZHILISHCHNOE STROITEL'STVO

Published since 1958

1-2'2023

Town planning and architecture

- A.Yu. STOLBOUSHKIN, V.S. SHEVELEV
Rational Planning Parameters of Socially-Oriented Housing 3
- S.A. KIZILOVA
Eco-Sustainable Trends in the Development of Reserve Housing in Conditions of Social Conflict ... 13
- Closed-Loop Economy in the Dismantling and Recycling Industry (*Information*) 19

Protection of human settlements from natural phenomena

- A.V. MASLYAEV
The Problem of Seismic Hazard for Russian Settlements 21

Preservation of architectural heritage

- P.V. PANUKHIN
Formation of the Macrostructure of the Fortress-Cities of the Tauride Peninsula
in the Period of the II Century BC. – Middle of the XV Centuries 28

Personnel for the industry

- I.A. PROKOFIEVA
Continuity of the Paradigm "Teacher – Student – Genius" in Architectural Education 36

Heat protection of buildings

- O.D. SAMARIN
Comparison of Various Methods for Calculating the Cooling of Premises
at the Termination of Heat Supply 41

Protection of buildings and structures against noise

- D.V. ABRAMKINA
Noise Pollution from Ventilation Systems in Residential Buildings. 45

Structural calculations

- A.G. CHERNYKH, R.V. KHOKHRIN, E.V. DANILOV, P.S. KOVAL
Investigation of LVL Crumpling Strength with a Cylindrical
and Triangular Stamps Taking into Account Changes in Humidity 49

Technology and organization of construction production

- V.U. CHAKHKIEV, V.U. DORONIN, D.N. MATIUSHKIN
Organizational and Technological Solutions for the Reconstruction
of Residential Buildings in the Historical Center of St. Petersburg. 54
- S.A. SYCHEV, G.M. BADIN, AL-HABEED Ahmed A., ABASS Agadeer A.
Technology of Accelerated Screw and Bolt Connections
of Reinforced Concrete Elements of Column-Crossbar Type 61

Underground construction

- I.I. SAKHAROV, V.M. POLUNIN, P.V. LITVINOV
Mathematical Modeling of Changes in the Temperature of the Soil Environment
in the Python Programming Language 65
- O.V. MKRITYCHEV, A.Yu. SAVENKOV
Reliability of a Built-in Underground Structure under the Impact of an Air Shock Wave 71

Editorial address: 9/3, Dmitrovskoye Hwy, 127434, Moscow, Russian Federation

Tel.: (499) 976-22-08; 976-20-36

Email: mail@rifsm.ru http://www.journal-hc.ru http://www.rifsm.ru

УДК 728.011.1

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-3-12>

А.Ю. СТОЛБОУШКИН, д-р техн. наук (stanyr@list.ru),
В.С. ШЕВЕЛЕВ, инженер (srvremen@mail.ru)

Сибирский государственный индустриальный университет (654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Рациональные планировочные параметры социально-ориентированного жилья

Приведен современный уровень обеспеченности жильем в различных странах. Выявлена динамика развития жилого фонда в России за последние сто лет с учетом общего числа жилых зданий и количества многоквартирных домов. Дана текущая оценка доступности приобретения жилья для основных социальных групп населения в России. Показана актуальность проектирования и строительства социально-ориентированного жилья на современном этапе и проведен анализ факторов, влияющих на его планировочные параметры. Рассмотрен порядок определения рациональных планировочных параметров социально-ориентированного жилья. Определены возможные направления снижения стоимости жилья. Рассмотрены сравнительные коэффициенты для оценки и выбора наиболее экономичных проектов строительства жилья. Обоснованы возможные резервы для увеличения обеспеченности населения жильем и снижения его стоимости, включающие налоговые регуляторы для собственников пустующего жилья в крупных городах, выбор оптимальной технологии домостроения, определение оптимальной этажности домов с экономической точки зрения, снижение эксплуатационных расходов на жилье и др. С учетом прогрессивной формулы заселения и растущей обеспеченности населения жильем обозначены перспективные направления в проектировании и строительстве социально-ориентированного жилья, актуальные для России.

Ключевые слова: планировочные параметры жилых зданий, социально-ориентированное жилье, формула заселения жилья, оптимальная технология домостроения, сравнительные коэффициенты экономичности проектов жилых зданий.

Для цитирования: Столбоушкин А.Ю., Шевелев В.С. Рациональные планировочные параметры социально-ориентированного жилья // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 3–12.
DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-3-12>

A.Yu. STOLBOUSHKIN, Doctor of Technical Sciences (stanyr@list.ru), V.S. SHEVELEV, engineer (srvremen@mail.ru)
Siberian State Industrial University (654007, Kemerovo region – Kuzbass, Novokuznetsk, Kirova Street, 42)

Rational Planning Parameters of Socially-Oriented Housing

The current level of housing provision in various countries is given. The dynamics of the development of the housing stock in Russia over the past hundred years has been revealed, taking into account the total number of residential buildings and the number of apartment buildings. The current assessment of the affordability of housing acquisition for the main social groups of the population in Russia is given. The relevance of the design and construction of socially-oriented housing at the present stage is shown and the analysis of factors affecting its planning parameters is carried out. The procedure for determining the rational planning parameters of socially-oriented housing is considered. Possible directions for reducing the cost of housing have been identified. Comparative coefficients for the evaluation and selection of the most economical housing construction projects are considered. The possible reserves for increasing the provision of housing for the population and reducing its cost are justified, including tax regulators for owners of empty housing in large cities, choosing the optimal technology of housing construction, determining the optimal number of storeys of houses from an economic point of view, reducing operating costs for housing and more. Taking into account the progressive settlement formula and the growing provision of housing for the population, promising areas in the design and construction of socially-oriented housing that are relevant for Russia are identified.

Keywords: planning parameters of residential buildings, socially-oriented housing, housing settlement formula, optimal technology of housing construction, comparative efficiency coefficients of residential building projects.

For citation: Stolboushkin A.Yu., Shevelev V.S. Rational planning parameters of socially-oriented housing. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 3–12. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-3-12>

Нормали планировочных элементов жилых зданий во многом определяют структуру, функциональную взаимосвязь, габариты, а в конечном итоге и рациональные планировочные параметры жилья. Особенно большое значение рациональные структу-

ра и планировка квартир приобретают при строительстве социально-ориентированного жилья. Это связано с тем, что наряду с функциональными удобствами и качественными характеристиками на первый план выходят экономические показатели, определяющие

в конечном итоге потребительскую стоимость жилища, доступную для широких слоев населения.

Потребность в доступном жилье в России была всегда. Актуален этот вопрос и в настоящее время. Обеспеченность жильем является одним из основных показателей социальной защищенности населения и устойчивости общества в целом. Наиболее полно ее характеризует общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя. Обеспечение среднестатистического жителя нашей страны жилой площадью в различные исторические периоды времени наглядно показано на рис. 1.

Сравнительный анализ обеспеченности населения жильем в различных странах мира, согласно открытым данным (Стратегия развития жилищной сферы Российской Федерации на период до 2025 года / Минстрой России. 2018. 92 с.) представлен в табл. 1. Динамика строительства жилья в нашей стране по годам (Стройкомплекс России: Итоги 2021 года / Правительство Российской Федерации. 2021. 72 с.) графически представлена на рис. 2. Несмотря на

ее рост в последние годы, очевидно, что обеспеченность населения жильем, тем более социально-ориентированным, явно недостаточна. На начало 2022 г. численность населения нашей страны составляла 145 478 097 человек. При таком количестве постоянных жителей и сохранении темпов жилищного строительства на уровне 2021 г. очевидно, что обеспеченность жильем с течением времени будет расти, хотя и недостаточно высокими темпами (табл. 2).

В 2022 г. отношение многих стран мира к РФ изменилось, поэтому на длительную перспективу нашей стране, очевидно, придется рассчитывать в основном на свои силы и внутренние ресурсы. При этом доля населения, нуждающегося в доступном жилье, увеличивается, и в ближайшее время эта тенденция, скорее всего, сохранится. Также следует отметить, что с учетом вхождения в состав России новых территорий потребность в социально-ориентированном жилье становится еще более актуальной, чем ранее. Социальное жилье в РФ почти не строят, на государственном уровне не обсуждают, не изучают и уж

Таблица 1
Table 1

Уровень обеспеченности жильем в странах мира (данные указаны на конец года)
The level of housing provision in the countries of the world (data are indicated at the end of the year)

№ п/п	Страна	Общая площадь жилья, м ² / чел.	Год	№ п/п	Страна	Общая площадь жилья, м ² / чел.	Год
1	Австралия	91	2017	25	Хорватия	37	2017
2	США	86	2017	26	Ирландия	35	2017
3	Норвегия	59	2017	27	Чехия	35	2017
4	Португалия	59	2017	28	Япония	34	2017
5	Бельгия	58	2017	29	Венгрия	33	2017
6	Дания	58	2017	30	Словакия	33	2017
7	Люксембург	56	2017	31	Словения	33	2017
8	Кипр	55	2017	32	Эстония	33	2017
9	Исландия	54	2017	33	Босния и Герцеговина	31	2017
10	Испания	54	2017	34	Латвия	31	2017
11	Австрия	53	2017	35	Турция	30	2017
12	Греция	51	2017	36	Россия *	27,4	2021
13	Италия	50	2017	37	Беларусь	27	2017
14	Швеция	49	2017	38	Литва	27	2017
15	Германия	48	2017	39	Польша	27	2017
16	Франция	47	2017	40	Мексика	25	2019
17	Великобритания	46	2017	41	Сербия	25	2017
18	Нидерланды	46	2017	42	Молдавия	23	2017
19	Швейцария	45	2017	43	Украина	23	2017
20	КНР	42	2019	44	Казахстан*	23	2020
21	Финляндия	42	2017	45	Бразилия	19	2019
22	Канада	40	2018	46	Румыния	19	2017
23	Болгария	39	2017	47	Албания	14	2017
24	Таиланд	38,5	2019	48	Индия	10	2019

Примечание. * Данные получены в результате авторского расчета.

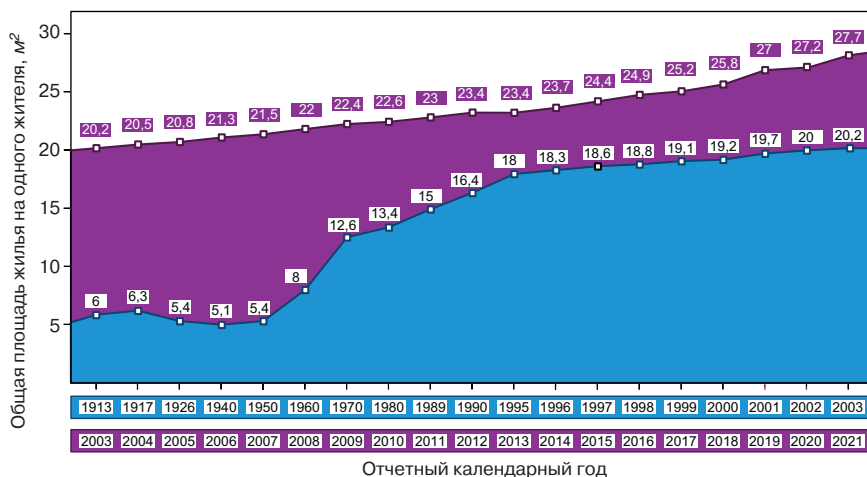


Рис. 1. Обеспеченность жильем из расчета общей площади на человека в России

Fig. 1. Housing security based on the total area per person in Russia

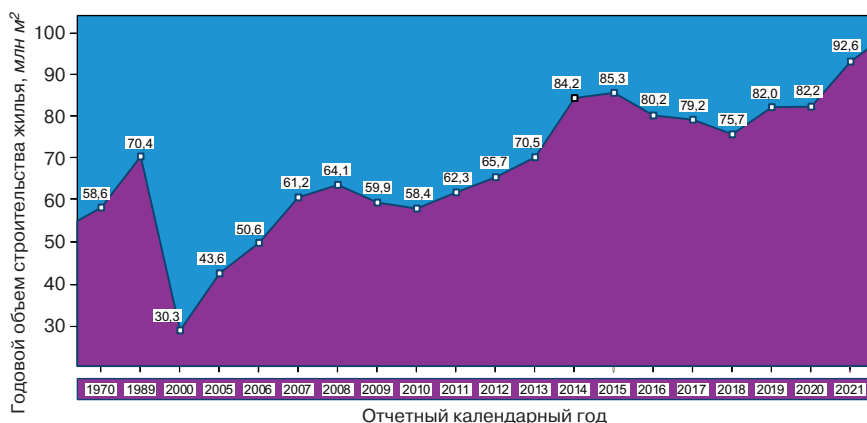


Рис. 2. Общая площадь годового строительства жилья в России

Fig. 2. The total area of annual housing construction in Russia

тем более не позиционируют как важную тему науки, культуры и профессиональной практики [1].

Цель настоящего исследования заключается в определении рациональных планировочных параметров социально-ориентированного жилья в Российской Федерации в настоящее время.

Результаты и обсуждение. Анализ планировочных параметров для организации рациональной структуры социально-ориентированного жилья в условиях плотной городской застройки показал, что, несмотря на положительную тенденцию последних лет, достигнутого уровня обеспеченности жильем недостаточно и требуется изыскание резервов для увеличения ежегодного ввода жилья в эксплуатацию.

Анализ факторов, влияющих на планировочные параметры социально-ориентированного жилья.

Мировая практика расчета планировочных параметров жилья

Общеизвестно, что качество жилья непосредственно влияет на физическое и умственное здоровье людей. Уровень обеспеченности жильем, его комфорт-

ность и доступность составляют основные условия качества жизни населения [2]. В настоящее время в промышленно-развитых странах общепризнанной является следующая формула заселения жилья:

$$K = N + 1, \quad (1)$$

где K – количество комнат; N – число проживающих.

Международный стандарт жилищных условий, разработанный ООН и ЮНЕСКО, предусматривает на каждого жителя не менее 30 м² общей площади жилья. При этом считается, что каждое домохозяйство (семья) должно иметь отдельное жилье традиционного типа; каждый его член нуждается в одной индивидуальной комнате и плюс как минимум двух общих комнатах, предназначенных для совместного пребывания.

Такая формула заселения жилья имеет вид:

$$K = N + 2. \quad (2)$$

Состояние жилого фонда в России

Со времен распада СССР (последние 30 лет) многие отрасли промышленности России фактически

Таблица 2
Table 2
Количество лет, необходимых России для достижения разных уровней обеспеченности населения жильем по общей площади (при сохранении темпов строительства жилья уровня 2021 года)
The number of years required by Russia to achieve different levels of housing provision for the population by total area (while maintaining the pace of housing construction at the level of 2021)

Общая площадь жилья, м ² / чел.	Необходимое время, лет
30	3,6
40	19,3
50	35
60	50,7
70	66,5
80	82,2
90	97,9
100	113,6

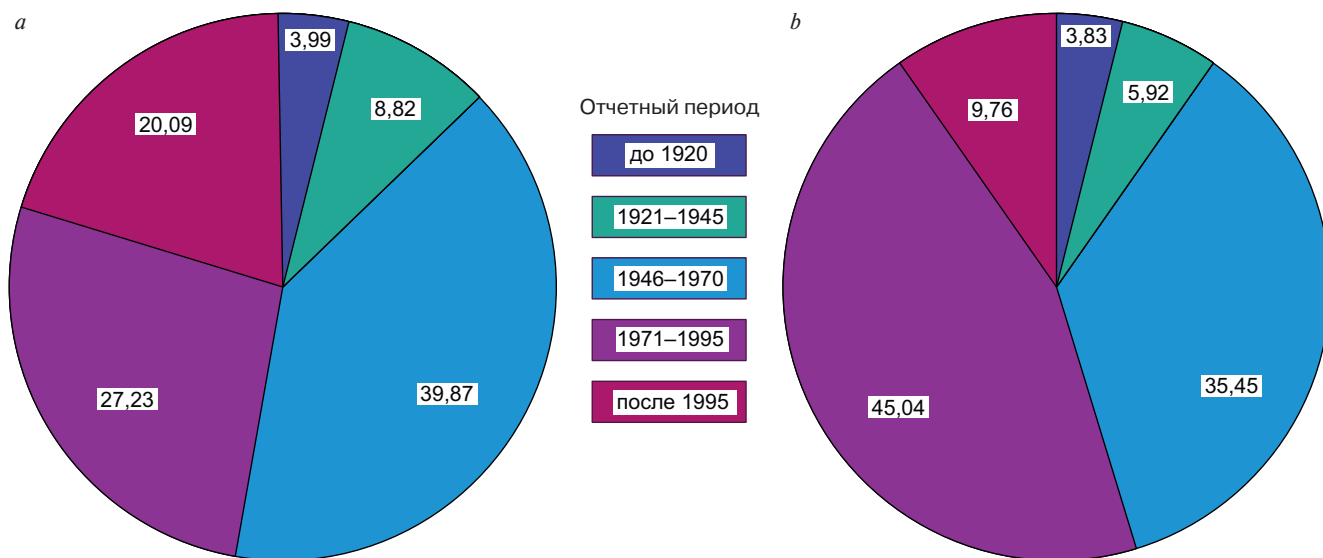


Рис. 3. Количественная характеристика жилого фонда в России: а – общее число жилых зданий; б – число многоквартирных жилых домов
Fig. 3. Quantitative characteristics of the housing stock in Russia: a – the total number of residential buildings; b – the number of apartment buildings

Таблица 3
Table 3

Количественная характеристика жилого фонда в России
Quantitative characteristics of the housing stock in Russia

Наименование	Единица измерения	Годы постройки					Всего
		до 1920	1921–1945	1946–1970	1971–1995	после 1995	
Общее число жилых зданий	ед.	722317	1599084	7225682	4935506	3640801	18123390
	%	3,99	8,82	39,87	27,23	20,09	100
Число многоквартирных жилых домов	ед.	103572	160115	958589	1217665	263805	2703746
	%	3,83	5,92	35,45	45,04	9,76	100
Общая площадь жилого фонда	тыс. м ²	75160	136117	965419	1434885	1121452	3733033
	%	2,01	3,65	25,86	38,44	30,04	100

были ликвидированы или постепенно пришли в упадок. Такая же участь во многом затронула строительную сферу. В результате в настоящее время жилой фонд в нашей стране характеризуется следующим состоянием:

– отсутствует полная и комплексная система технического учета жилого фонда (Специальный доклад «Право на жилье есть у каждого» / *Общественная палата Российской Федерации*. М.: 2020. 60 с.);

– многоквартирные дома составляют около 68% жилищного фонда (Специальный доклад «Право на жилье есть у каждого» / *Общественная палата Российской Федерации*. М.: 2020. 60 с.);

– доля общей площади жилых помещений, оборудованных одновременно водопроводом, канализацией, отоплением, горячим водоснабжением, газом или напольными электроплитами, на конец 2018 г. составляла 67% (Жилищное хозяйство в России. 2019: Статистический сборник / *Росстат*. М., 2019. 78 с.).

Анализируя данные Росстата за 2019 г., можно отметить, что основная доля многоквартирных домов,

эксплуатируемых по настоящее время, построена до 1996 г. (рис. 3, табл. 3). При этом большинство из них плохо содержится: своевременно не проводится текущий и капитальный ремонт, тем более не проводятся мероприятия по восстановлению и улучшению качественных характеристик жилых объектов, включая своевременную герметизацию швов, обеспечение требуемого термического сопротивления ограждающих конструкций, повышение энергоэффективности зданий в целом. В связи с этим жилье быстро ветшает, а количество граждан, недовольных состоянием своего дома, растет (Специальный доклад «Право на жилье есть у каждого» / *Общественная палата Российской Федерации*. М.: 2020. 60 с.).

Следует отметить, что на развитие жилищного строительства в России значительно влияет наличие для застройки земельных участков, обустроенных коммунальной инфраструктурой.

По данным Общественной палаты РФ:

– производительность труда в строительной отрасли России в 2–2,5 раза ниже, чем в промышленно развитых странах;

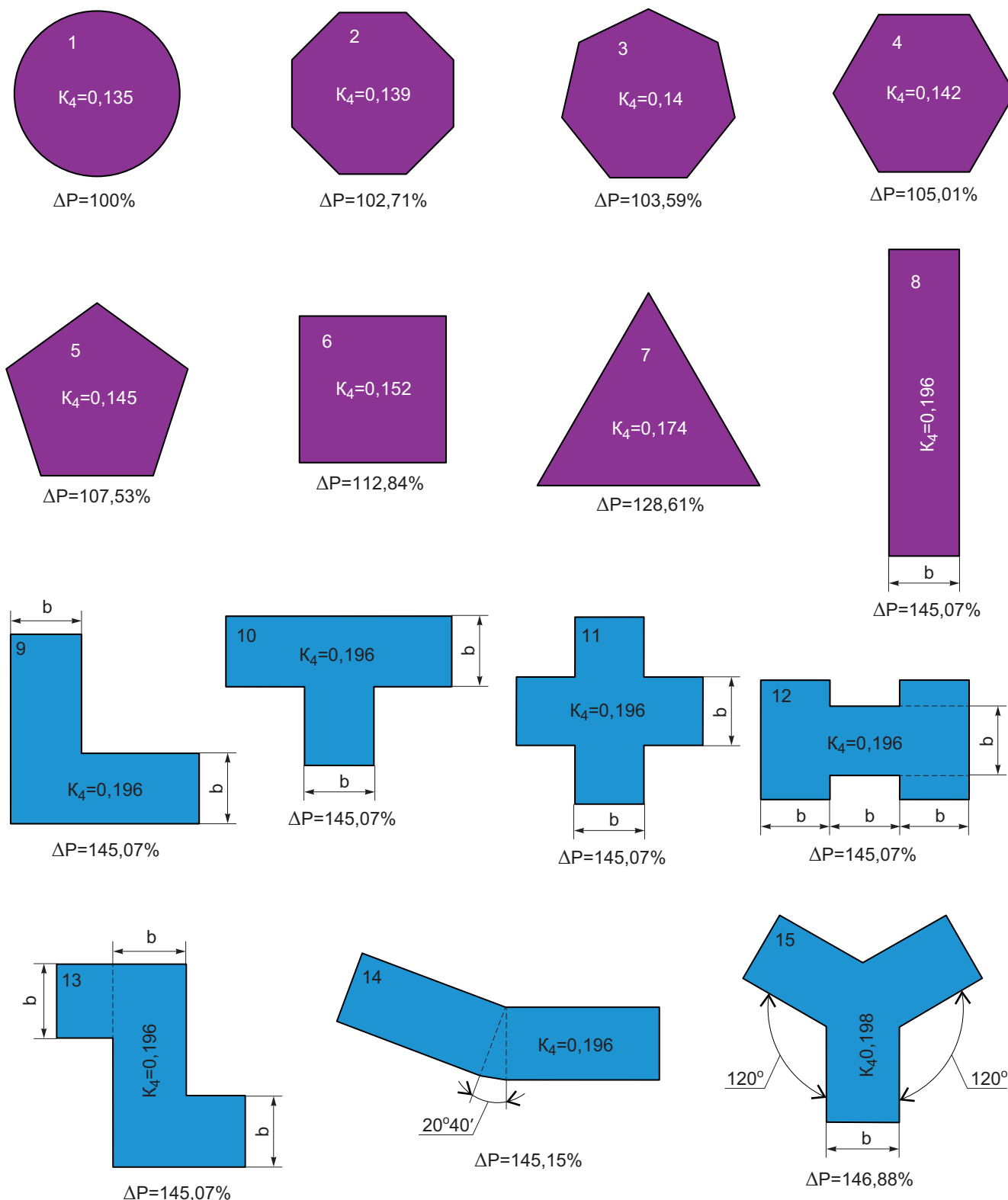


Рис. 4. Изменение периметра наружных стен здания в зависимости от его конфигурации при постоянной площади горизонтального сечения в уровне цоколя (в качестве примера приведено здание площадью $\approx 690 \text{ м}^2$ с шириной торца $\approx 12,5 \text{ м}$): 1 – круг; 2 – восьмиугольник; 3 – семиугольник; 4 – шестиугольник; 5 – пятиугольник; 6 – квадрат; 7 – треугольник; 8 – прямоугольник; 9 – L-образная форма; 10 – T-образная форма; 11 – крестообразная форма; 12 – H-образная форма; 13 – Z-образная форма; 14 – поворотная конфигурация; 15 – Y-образная форма

Fig. 4. Changing the perimeter of the exterior walls of the building depending on its configuration with a constant horizontal cross-sectional area at the level of the basement (as an example, a building with an area of $\approx 690 \text{ m}^2$ with an end width of $\approx 12.5 \text{ m}$ is given): 1 – circle; 2 – octagon; 3 – heptagon; 4 – hexagon; 5 – pentagon; 6 – square; 7 – triangle; 8 – rectangle; 9 – L-shaped; 10 – T-shaped; 11 – cruciform; 12 – H-shaped; 13 – Z-shaped; 14 – rotary configuration; 15 – Y-shaped

Таблица 4
Table 4

Расчетные параметры периметра здания и коэффициента периметральности
в зависимости от конфигурации плана при постоянной $S=689,32 \text{ м}^2$
Calculated parameters of the perimeter of the building and the perimeter coefficient depending
on the configuration of the plan at a constant $S=689,32 \text{ м}^2$

№ п/п*	Конфигурация плана здания*	Параметры плана здания, м		Периметр здания P, м	Изменение периметра здания ΔP , %	Коэффициент периметральности K_4
		диаметр d	ширина b			
1	Круг	29,63	–	93,07	100	0,135
2	Восьмиугольник	–	–	95,59	102,71	0,139
3	Семиугольник	–	–	96,41	103,59	0,14
4	Шестиугольник	–	–	97,73	105,01	0,142
5	Пятиугольник	–	–	100,08	107,53	0,145
6	Квадрат	–	–	105,02	112,84	0,152
7	Треугольник	–	–	119,7	128,61	0,174
8	Прямоугольник	–	12,54	135,02	145,07	0,196
9	L-образная	–	12,54	135,02	145,07	0,196
10	T-образная	–	12,54	135,02	145,07	0,196
11	Крестообразная	–	12,54	135,02	145,07	0,196
12	H-образная	–	12,54	135,02	145,07	0,196
13	Z-образная	–	12,54	135,02	145,07	0,196
14	Поворотная	–	12,54	135,09	145,15	0,196
15	Y-образная	–	12,54	136,7	146,88	0,198

Примечание. * Нумерация и конфигурация плана здания согласно рис. 4.

– в некоторых регионах Российской Федерации строительный комплекс отсутствует или находится в зачаточном состоянии.

Несмотря на это, в последние годы количество вводимой в эксплуатацию жилой площади ежегодно увеличивалось. Однако, от международного стандарта ООН и в особенности от развитых стран Россия продолжает отставать по основным характеристикам жилья: уровню обеспеченности населения жилой площадью, благоустройству и техническому состоянию жилищного фонда, финансовой доступности жилья для населения.

Доступность жилья в России

Доступность жилья определяют его стоимость и доходы населения. Индекс доступности жилья по методике ООН-ХАБИТАТ равен отношению стоимости приобретаемого жилья к годовому доходу семьи. Он показывает количество лет, необходимое средне-статистической семье для накопления средств на приобретение среднестатистического жилья, при условии, что все ее доходы направлены на эту цель. Этот индекс в соответствии с известными данными должен составлять около 3,2 – тогда жилье является доступным.

Доля населения с доходом ниже прожиточного минимума на 2018 г. по данным Росстата составляла 12,6%. В 2019 г. лишь 35% российских семей могли позволить себе ипотеку при покупке квартиры из

расчета 18 м^2 жилой площади на человека. В июне 2022 г. на Санкт-Петербургском международном экономическом форуме было отмечено следующее:

– 40% россиян не могут взять ипотеку даже при нулевой ставке;

– 2,2 млн граждан России стоят в очереди на жилье.

Таким образом, в социально-ориентированном жилье нуждаются 40% граждан России, так как другое жилье им просто недоступно.

1. Направления снижения стоимости жилья

На сметную стоимость строительства здания значительно влияют: степень его сборности, уровень унификации объемно-планировочного и конструктивного решений и др. В результате анализа авторами были сформулированы направления снижения стоимости жилья.

1.1. Снижение себестоимости строительства жилья

1.1.1. Выбор для строительства наиболее экономичных проектов

Для оценки проектов на стадии проектирования и сравнения экономичности вариантов проекта применяют показатели, приведенные ниже.

Коэффициент планировочный (K_1) равен отношению жилой площади к общей площади. Он зависит от доли подсобных помещений. Чем выше этот коэффициент, тем эффективнее планировка квартиры (здания). Уменьшение коэффициента K_1 приводит к увеличению размеров жилой площади за счет вспо-

могательной, т. е. к ухудшению бытовых условий проживания.

Коэффициент объемный (K_2) равен отношению строительного объема здания к его общей площади. Он зависит от высоты этажа, коэффициента K_1 (размеров внеквартирных площадей: лестнично-лифтовые узлы, коридоры), материала стен и перегородок. Этот коэффициент характеризует рациональность объемно-планировочного решения с точки зрения затрат на отопление: чем больше коэффициент K_2 , тем больше будут затраты на отопление и, следовательно, ниже экономичность.

Коэффициент компактности (K_3) для жилых зданий равен отношению площади наружных ограждающих конструкций (стен, оконных и балконных проемов, кровли) к общей площади здания. Он зависит от конфигурации здания, его длины и ширины. Этот коэффициент влияет на сметную стоимость здания и затраты на его эксплуатацию (отопление, ремонт фасадов и кровли). Так как стоимость стен и кровли составляет значительную долю в общей стоимости здания, то снижение величины этого коэффициента позволяет ощутимо уменьшить затраты на строительство здания. Чем меньше этот коэффициент, тем меньше стоимость здания и эксплуатационные затраты. Лучшие показатели коэффициента имеют дома, в плане близкие к квадрату, а также с полукругами стен. Чем более изрезан план выступами или западами, чем больше он имеет углов, тем этот показатель хуже.

Коэффициент периметральности (K_4) равен отношению периметра наружных стен к площади застройки здания. Он зависит от конфигурации плана здания. Более компактный план здания имеет меньший периметр наружных стен. Поэтому чем меньше этот коэффициент, тем меньше величина периметра на единицу площади застройки и, следовательно, меньше расходы материалов и эксплуатационные затраты. Влияние конфигурации плана здания на периметр его наружных стен наглядно показано на рис. 4 и в табл. 4.

Коэффициент конструктивности (K_5) равен отношению площади сечения вертикальных конструкций в плане к площади застройки здания. Он характеризует степень насыщения плана здания вертикальными конструкциями (стенами, перегородками, колоннами, пилястрами, вентиляционными шахтами и т. д.).

Путем сравнения этих коэффициентов обычно выбирают наиболее экономичный проект для строительства.

1.1.2. Выбор оптимальной технологии домостроения

Многолетней российской и мировой практикой установлено, что самым дешевым и быстровозводи-

мым индустриальным домом со сроком эксплуатации не менее 60–80 лет является крупнопанельный дом. Он строится значительно быстрее монолитного или кирпичного дома, в среднем на 15–20% дешевле монолитного и на 20–25% кирпичного [3]. На это указывает и коэффициент K_5 , который, как известно, составляет для крупнопанельных домов 0,1–0,15, а для кирпичных и крупноблочных домов – 0,15–0,2.

Обычно в крупнопанельном исполнении дома строят от 2 до 25 этажей. Комфортность и энергоэффективность таких домов находятся в пределах существующих норм. При этом преимущества крупнопанельных домов перед монолитными, кирпичными, каркасными домами и их разновидностями остаются неизменными при одинаковой этажности [3].

Однако многолетняя практика эксплуатации крупнопанельных домов показывает, что не все так однозначно в пользу крупнопанельного домостроения. Например, остро стоят вопросы поддержания связей между панелями в «рабочем» состоянии на длительную перспективу, контроля и обеспечения должной герметизации стыков межпанельных швов в процессе эксплуатации, соперничества в архитектурно-художественном облике панельных зданий по сравнению с жилыми домами в другом исполнении и др. Вместе с тем сборное домостроение не стоит на месте: разрабатываются новые технологии и серии домов, применяются новые материалы. Внедренные инновации позволяют делать узлы соединения сборно-монолитными. В результате можно построить дом любой конфигурации без ограничений по планировке, используя при этом все преимущества сборного домостроения [4].

В малоэтажном строительстве одной из оптимальных технологий домостроения является каркасное домостроение, которое позволяет строить жилье со стоимостью 1 м², доступной для большинства граждан нашей страны [5].

1.1.3. Экономически оптимальная этажность здания

Стоимость квадратного метра жилья можно уменьшить выбором оптимальной этажности здания. По эксплуатационным затратам многоэтажные здания значительно уступают малоэтажным (до 40–50%). Выбор этажности – это вопрос наличия и стоимости земли. Увеличение этажности зданий характерно для мегаполисов и больших городов [3].

Экономически оптимальную этажность здания средней этажности и многоэтажного можно определить исходя из СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01–2003».

СП 54.13330.2016, п. 4.8 регламентирует, что лифты следует предусматривать в жилых зданиях с отметкой пола верхнего жилого этажа, превышающей уровень отметки пола первого этажа на 12 м. Исходя из этого следует, что пятиэтажное здание с высотой этажа до 3 м включительно можно строить без лифта.

СП 54.13330.2016 Приложение Б устанавливает, что минимальное число пассажирских лифтов в жилом многоквартирном здании составляет 1 при этажности до 10 этажей; 2 – при этажности 10–19 этажей; 3 – при этажности 20–25 этажей. Эти значения составлены из расчета: 18 м² общей площади квартиры на человека; высота этажа 2,8 м; интервал движения лифтов 81–100 с. В жилых зданиях, где значения поэтажной площади квартир, высоты этажа и общей площади квартиры, приходящейся на одного проживающего, отличаются от принятых в настоящем своде правил, число, грузоподъемность и скорость пассажирских лифтов устанавливают расчетом. Отметим, что это приложение в 2019 г. перестало быть обязательным.

Соответственно можно сделать вывод, что при высоте этажа 2,8 м и общей площади квартиры, приходящейся на одного человека заметно более 18 м², возможно строительство жилых домов в 10 этажей с одним лифтом. Например, в Кузбассе такая практика имела место в г. Новокузнецке в 1998–2005 гг. (дома 6, 8, 10, 14, 16, 18, 18А, 20 по ул. Новобайдаевская и др.).

1.1.4. Увеличение общей площади квартир за счет балконов и лоджий

В Федеральном законе № 214-ФЗ «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» отмечается, что общая приведенная площадь жилого помещения состоит из суммы общей площади жилого помещения и площади летних помещений (лоджия, балкон и др.). При этом к последней применяют понижающие коэффициенты. Таким образом, общая приведенная площадь жилого помещения составит:

$$S_{об.пр} = S_{об} - S_{пд} \cdot K_{пон}, \quad (3)$$

где $S_{об}$ – общая площадь жилого помещения; $S_{пд}$ – площадь помещения дополнительного; $K_{пон}$ – понижающий коэффициент.

Понижающий коэффициент для летних помещений составляет: для лоджий – 0,5; для балконов – 0,3; для террас – 0,3; для веранд – 1 (Приказ Минстроя России № 854/пр от 25.11.2016). Условно можно считать, что этот коэффициент показывает, насколько лоджия, веранда, балкон

и терраса дешевле основной площади жилого помещения.

Таким образом, разумное «насыщение» здания балконами или «приставными» лоджиями позволяет снизить стоимость 1 м² общей площади жилья. Следует отметить, что в Кузбассе большинство жителей Новокузнецка предпочитают балконам лоджии [6].

1.1.5. Использование цокольного этажа под жилые и нежилые помещения

Частичное использование цокольного этажа с одного из фасадов под квартиры возможно в домах, строящихся на склонах. Вход в эти квартиры, разумеется, расположен не через подъезд, а отдельно.

Использование цокольного этажа под нежилые помещения проблемы не представляет. При проектировании здания это несложно учесть. Помещения цокольного этажа, реализуемые под офисы, магазины, склады и т. п., снизят стоимость квадратного метра жилья в здании.

1.1.6. Надстройка этажей в существующих домах

При достаточной надежности фундамента и прочности стен возможна надстройка от одного до нескольких этажей в существующих многоквартирных домах. Такая практика имела место во времена СССР, в частности в Москве, Новокузнецке и др. В конце 1990-х гг. эта тема активно рассматривалась в г. Барнауле применительно к пятиэтажным «хрущевкам», хотя и не получила заметного распространения. И в настоящее время проводятся работы в этом направлении, например, в 2022 г. на один этаж было надстроено общественное здание по адресу г. Новокузнецк, ул. Кутузова, д. 25.

1.1.7. Повторное использование строительных материалов и конструкций в индивидуальном жилищном строительстве

В России, как и в других странах, по разным причинам разбирают и сносят много строительных объектов: ветхое жилье; заброшенные сооружения, старый долгострой и др. При этом часто строительные материалы и конструкции утилизируют как строительный мусор.

Законодательное введение ответственности за бесхозяйственную утилизацию организациями строительных материалов и конструкций при демонтаже построек позволит частично решить проблему с индивидуальным жилищным строительством. Механизм реализации прост. Организация, планирующая разборку или снос строительного объекта, заранее уведомляет о наличии утилизируемых материалов и конструкций соответствующие муниципальные органы. Последние уведомляют семьи, стоящие в очереди на улучшение жилищных условий, о возможности бесплатно, но своими силами и за свой счет вывезти

строительный материал и конструкции для постройки своего индивидуального жилого дома.

1.2. Снижение рыночных цен на жилье

1.2.1. Введение налога на пустующее жилье в крупных городах

Новое жилье в России в основном приобретается в инвестиционных целях, улучшает жилищные условия класса выше среднего, который может «тянуть» дорогую ипотеку, либо пустует нереализованным.

В различных странах с неиспользованием жилья борются по-разному. Так, во Франции существует налог на пустующее жилье в городах с населением более 50 тыс. чел. Квартира там может безнаказанно пустовать лишь год. На второй год она облагается налогом в 12,5% от вмененного арендного дохода, а с третьего года – в 25%. Если собственник – фирма, то процентные ставки выше. Так, владелец пустующего жилья экономически принуждается к сдаче его в аренду или к продаже, а это делает жилье более доступным: увеличивает предложение, удешевляет аренду и стоимость.

На наш взгляд, применение такой меры в России позволило бы снизить напряженность жилищного вопроса.

1.2.2. Введение государственных услуг по продаже и покупке жилья

При продаже жилья граждане нередко обращаются к риелторам. Стоимость жилья при этом возрастает на сумму услуг риелторов (сегодня это от 50 тыс. рублей и выше). Потенциальным покупателям риелторы также предлагают заключить договор на услуги на указанную выше сумму. С покупателями, не нуждающимися в таких услугах, работу прекращают.

По результатам двухлетнего мониторинга этой ситуации в г. Новокузнецке авторами установлено, что только в одном из почти 50 случаев риелтор не потребовал с покупателей оплату.

Введение государственных услуг по продаже и покупке жилья, например в многофункциональных центрах (МФЦ), позволит снизить его стоимость и пополнить сборы в бюджет за счет госпошлин на эти услуги.

1.3. Снижение эксплуатационных расходов на жилье

Для социально-ориентированного жилья важна не только стоимость 1 м² площади, но и расходы на его эксплуатацию. Это облегчает семье улучшение ее жилищных условий в будущем.

Отметим некоторые способы снижения эксплуатационных расходов на здание:

- повышение энергоэффективности здания;
- незначительное уменьшение жилой площади квартир за счет встроенных лоджий (в обоснованных случаях).

Поясним последнее. Уменьшение площади комнаты с размерами в осях 3×6 м на 4 м² за счет встроенной лоджии шириной около 1,1 м вполне обоснованно. Функциональность комнаты от этого не уменьшается, а затраты на жилищно-коммунальные услуги снижаются. Такая практика, например, имела место в г. Новокузнецке при строительстве домов серии КОПЭ-97 в 1990–2005 гг.

2. Современные параметры социально-ориентированного жилья, актуальные для России

Отдельные авторы считают, что жилищная проблема заканчивается при достижении обеспеченности жильем в 28–30 м² на человека и дальнейшее ее увеличение не оказывает заметного влияния на удовлетворение бытовых потребностей населения [3]. Но с такой оценкой нельзя согласиться. Одним из аргументов является то, что в настоящее время на одного россиянина приходится 27,7 м² общей площади жилья (табл. 1), однако жилищная проблема при этом не исчезла.

Другим аргументом можно считать то, что потребительские качества жилья имеют тенденцию к существенному изменению через временные интервалы 30–35 лет. К 2030–2035 гг. запросы российского населения вырастут, что косвенно подтверждают и данные табл. 1. Вероятнее всего, комфортным тогда будет считаться жилье площадью не менее 30–33 м² на человека. А значит, квартиры, преобладающие сейчас в жилом фонде, будут слишком малы даже для семьи из двух человек. В 2030–2035 гг. дефицит более престижного и просторного жилья будет сильно тормозить развитие всей инфраструктуры. Напротив, его опережающее строительство даст мощный импульс развитию страны.

С учетом прогрессивной формулы заселения, приведенной выше, следует отметить, что строительство однокомнатных квартир в перспективе вообще неэкономично. Например, последние предпочтения и потребности горожан в планировке жилья привели к тому, что современная однокомнатная квартира по площади почти сравнялась с «двушкой» 1970–1980-х гг.

Анализ различных факторов и условий, влияющих на планировочные параметры социально-ориентированного жилья для нашей страны с учетом ее специфических условий (природно-климатических, этнографических, укладно-бытовых и др.), показал, что процессы, от разработки функционально-планировочной схемы квартир и домов до строительства социальных объектов и жилых комплексов «под ключ», носят диалектический характер и постоянно корректируются временем.

Выводы

Наибольшая площадь жилья за год в нашей стране была построена в 2021 г. и составила 92,6 млн м²

(рис. 2). Однако достигнутые показатели годового уровня строительства не отвечают современным потребностям (табл. 2). Аналитика и расчеты рациональных планировочных параметров, приведенные в статье, показывают, что в России для увеличения обеспеченности населения жильем и снижения его стоимости имеются значительные резервы:

- выбор для строительства наиболее экономичных проектов;
- выбор оптимальной технологии домостроения;
- экономически оптимальная этажность здания;
- увеличение общей площади квартир за счет балконов и лоджий;
- использование цокольного этажа под жилые и нежилые помещения;
- надстройка этажей в существующих домах;
- повторное использование строительных материалов и конструкций в индивидуальном жилищном строительстве;
- введение налога на пустующее жилье в крупных городах;
- введение государственных услуг по продаже и покупке жилья;
- снижение эксплуатационных расходов на жилье.

Для более быстрого решения жилищной проблемы проектируемое и строящееся массовое жилье должно быть социально ориентировано. В стратегическом плане наряду с комплексной застройкой восточной территории нашей страны эти вопросы должны составлять основу государственной политики Российской Федерации.

Список литературы

1. Кияненко К.В. Социальное жилище капиталистической России: между политикой и архитектурой // *Архитектура и строительство России*. 2016. № 1–2. С. 6–23.
2. Белкина Т., Иванова Е.И., Макарова Е.А., Ноздрина Н.Н., Порфирьев Б.Н., Прохоров Б.Б., Терентьев Н.Е., Черковец М.В., Шмаков Д., Щербаква Е.М. Природные и социально-экономические факторы, определяющие условия жизни и здоровье населения: оценка и прогноз. М.: Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (ИНП РАН), 2014. 166 с. <https://ecfor.ru/publication/factory-opredelyayushhie-usloviya-zhizni-naseleniya/> (дата обращения 22.06.2022).
3. Николаев С.В. Решение жилищной проблемы РФ на базе реконструкции и технического перевооружения индустриальной базы домостроения // *Жилищное строительство*. 2010. № 2. С. 2–6.
4. Шмелев С.Е. Мифы и правда о монолитном и сборном домостроении // *Жилищное строительство*. 2016. № 3. С. 40–42.
5. Кривцов В.В., Макаренко О.В. Развитие малоэтажного каркасного строительства как эффективная мера расширения жилищного строительства в России // *The scientific heritage*. 2021. № 75. Т. 2. С. 3–5. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-75-2-3-5
6. Алёшина Е.А., Матвеев А.А., Шевелев В.С. К вопросу о квартирах комфортных планировок для широких слоев населения г. Новокузнецка. *Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 19–21 мая 2020 г.* Новокузнецк: Издательский центр СибГИУ, 2020. Вып. 24. Ч. V. С. 38–41.

References

1. Kiyanenko K.V. Social housing of capitalist Russia: between politics and architecture. *Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii*. 2016. No. 1–2, pp. 6–23. (In Russian).
2. Belkina T., Ivanova E.I., Makarova E.A., Nozdrina N.N., Porfiriev B.N., Prokhorov B.B., Terentyev N.E., Cherkovets M.V., Shmakov D., Shcherbakova E.M. Prirodnye i sotsial'no-ekonomicheskie faktory, opredelyayushchie usloviya zhizni i zdorov'e naseleniya: otsenka i prognoz [Natural and socio-economic factors determining the living conditions and health of the population: assessment and forecast]. Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences (INP RAS). Moscow. 2014. 166 p. <https://ecfor.ru/publication/factory-opredelyayushhie-usloviya-zhizni-naseleniya/> (Date of access 22.06.2022).
3. Nikolaev S.V. The solution of the housing problem of the Russian Federation on the basis of reconstruction and technical reequipment of the industrial base of housing construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2010. No. 2, pp. 2–6. (In Russian).
4. Shmelev S.E. Myths and truth about monolithic and prefabricated housing construction. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 3, pp. 40–42. (In Russian).
5. Krivtsov V.V., Makarenkova O.V. Development of low-rise frame construction as an effective measure of expansion of housing construction in Russia. *The scientific heritage*. 2021. No. 75. Vol. 2, pp. 3–5. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-75-2-3-5. (In Russian).
6. Alyoshina E.A., Matveev A.A., Shevelev V.S. On the issue of apartments with comfortable layouts for the general population of Novokuznetsk. *Science and youth: problems, searches, solutions. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists on May 19–21, 2020*. Novokuznetsk: SibGIU Publishing Center. 2020. Iss. 24. Part V, pp. 38–41. (In Russian).

УДК 332.832.22

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-13-18>

С.А. КИЗИЛОВА, канд. архитектуры (s.kizilova@markhi.ru)

Московский архитектурный институт (государственная академия) (107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4)

Экоустойчивые тенденции развития резервного жилища в условиях социального конфликта

В ответ на политическую нестабильность в мире получает развитие направление резервной архитектуры в условиях социального конфликта. Центром исследования является концепция временного жилища для беженцев, требования к которому стремительно меняются в связи с технологическим прогрессом и повышением ожиданий относительно базового уровня комфорта жилья. Целью представленной работы является выделение основных тенденций, которые формирует спектр реализованных и концептуальных предложений в архитектуре временных убежищ для мигрантов, обозначившийся в последние годы. Определяется место резервного жилища для мигрантов в структуре современной архитектурной науки. Ветвь концепции жилища для беженцев логически соединена с существующими направлениями мобильного, быстровозводимого и резервного жилища. Произведен анализ ряда современных концепций и проектов, получивших реализацию, с целью выявления основных трендов в архитектуре резервного жилища в условиях социального конфликта. Системный анализ позволил выявить следующие тенденции: стремление к минимизации пространства, занимаемого убежищем; оснащение жилища системами, обеспечивающими энергетическую автономность здания; использование вторично переработанных материалов в возведении конструкции и в отделке интерьера дома; стремление к упрощению процесса возведения жилища для пользователей. Делается вывод, что выявленные тенденции зачастую применяются в совокупности и объединены направлением экоустойчивости в архитектуре. Материалы исследования могут быть полезными для теоретического прогнозирования и практических разработок по теме инновационных жилищ для беженцев.

Ключевые слова: архитектура для беженцев, минимальное жилище, резервное жилище, экоустойчивое проектирование, автономные системы, трансформируемая архитектура.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-78-00078, <https://rscf.ru/project/22-78-00078/>

Для цитирования: Кизилова С.А. Экоустойчивые тенденции развития резервного жилища в условиях социального конфликта // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-13-18>

S.A. KIZILOVA, Candidate of Architecture (s.kizilova@markhi.ru)

Moscow Institute of Architecture (State Academy) (11/4, Rozhdestvenka Street, Moscow, 107031, Russian Federation)

Eco-Sustainable Trends in the Development of Reserve Housing in Conditions of Social Conflict

In response to political instability in the world, the direction of reserve architecture in the conditions of social conflict is being developed. The focus of the research is the concept of temporary housing for refugees, the requirements for which are rapidly changing due to technological progress and rising expectations regarding the basic level of housing comfort. The purpose of the article is to highlight the main trends that form the range of implemented and conceptual proposals in the architecture of temporary shelters for migrants, which have emerged in recent years. The place of reserve housing for migrants in the structure of modern architectural science is determined. A branch of refugee housing concept is logically connected to the existing areas of mobile, prefabricated and reserve housing. A number of modern concepts and projects that have been implemented were analyzed in order to identify the main trends in the architecture of the reserve housing in the context of social conflict. System analysis revealed the following trends: the desire to minimize the space occupied by the shelter; equipping the dwelling with life support systems that provide the energy autonomy of the building; the use of recycled materials in the construction and in the interior decoration of the house; the desire to simplify the process of building a home for users. It is concluded that the identified trends are often applied in combination and united by the direction of eco-sustainability in architecture. The research materials can be useful for theoretical forecasting and practical developments on the topic of innovative housing for refugees.

Keywords: architecture for refugees, minimal housing, reserve housing, eco-sustainable design, autonomous systems, transformable architecture.

The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 22-78-00078, <https://rscf.ru/en/project/22-78-00078/>

For citation: Kizilova S.A. Eco-sustainable trends in the development of reserve housing in conditions of social conflict. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 13–18. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-13-18>

Политическая напряженность в мире обуславливает рост миграционных потоков людей, ищущих убежище на территории принимающих стран. Число беженцев по всему миру увеличивается с каждым годом: по данным Управления Верховного комиссара

Организации Объединенных Наций по делам беженцев, (УВКБ ООН) в конце 2021 г. зафиксирована отметка в 83,4 млн человек по всему миру [1]. Россия входит в пятерку стран лидеров по числу проживающих мигрантов (около 12 млн) наряду с США, Саудов-

ской Аравией и Германией. В регионах России повсеместно организуются пункты временного размещения беженцев, предоставляющие минимально необходимые условия для жизни [2].

Организованные пространства разворачиваются в кратчайшие сроки в виде палаточных городков или в специально подготовленных общественных зданиях гостиниц, общежитий, школ, поликлиник, администрации и культурно-досуговых учреждений [3]. Создаваемые в кратчайшие сроки пространства для жизни решают проблему временного расселения на короткий срок, но не отличаются достаточным уровнем комфорта. За неимением специализированного резервного фонда, подготовленного к возможным новым миграционным волнам, подобные временные пункты используются дольше запланированного времени. Глобальные кризисные ситуации, связанные с социально-политическими конфликтами, являются импульсом к переосмыслению существующих концепций жилища для беженцев.

Резервное жилище для мигрантов в контексте развития современных исследований

Представления о жилище для беженцев претерпевают изменения в связи с ростом технологий и повышением требований к уровню комфорта. В русскоязычных исследованиях рассматриваемую типологию связывают с «мобильным жилищем» [4–5]. Некоторые исследователи относят ее к «архитектуре быстрого реагирования», возводимой в ответ на гуманитарные кризисы [6]. В [7] жилище для беженцев изучается с позиции времени возведения и подразделяется на «экспресс-жилище» и «быстровозводимое». В [8] его относят к группе временного жилья для чрезвычайных ситуаций. Отмечается также, что с градостроительной точки зрения поселения для мигрантов должны быть организованы в соответствии с принципами устойчивого развития [9]. В исследованиях, посвященных вопросам размещения мигрантов в мегаполисах, выделяются временные (лагеря, палаточные городки) и капитальные (контейнерные города, социальное жилье) решения для размещения беженцев [10].

В зарубежной научной литературе архитектура жилища для мигрантов обозначена как «гуманитарная архитектура» [11]. В англоязычных исследованиях неоднократно фиксируются данные о низком уровне комфорта жилых пространств для мигрантов, обуславливающим психологическую напряженность [12–13]. Зачастую жилая среда, организованная беженцами, формируется хаотично и приводит к самовольному заселению в пустующие здания (сквоттинг) [14]. Отмечено, что жилище для мигрантов с течением времени меняет идентичность принимающего города, становясь неразрывной частью среды [15].

Все эти исследования подводят к необходимости выявления подходов к формированию комфортного и современного резервного жилища для мигрантов. Термин резервности был использован автором в более ранних исследованиях по отношению к мобильному жилищу в водной среде, которое может быть установлено на необходимый срок [16]. Подобные жилища формируют необходимый резерв, который может быть задействован в кратчайшие сроки как ответ на кризисную ситуацию, вызванную социальным конфликтом.

Задача исследования

Для того чтобы установить современные направления развития типологии резервного жилища в условиях социального конфликта, произведен системный анализ реализованных и концептуальных проектов домов для беженцев. В спектр исследуемых проектов вошли последние разработки, отличающиеся новизной технологического оснащения, применением нестандартных форм и конструкций, использованием инновационных материалов.

Современные направления организации резервного жилища в условиях социального конфликта

На современном этапе развития технологий строительства временных жилищ для мигрантов выделяются несколько характерных направлений.

Минимизация жилого пространства

Жилище для мигрантов предоставляет необходимые условия для жизни, занимая минимальное пространство. В рамках этого пространства обеспечивается принцип универсальной планировки, адаптирующейся к любым условиям [17]. Конструкция жилища также занимает минимум места для удобной транспортировки.

Складное жилище «SURI», разработанное компанией Suricatta Systems в 2015 г., состоит из полиэтиленового текстиля и может быть сложено в компактные блоки. Во время возведения прямоугольные модули формируют жилище необходимых размеров.

Индивидуальное убежище «Folding pod» трансформируется в плоский модуль, используя принцип оригами (рис. 1). Конструкция оснащена генератором, с помощью которого убежище автоматически разворачивается за 5 мин без специализированной техники и рабочих. Размеры убежища составляют 5 м в длину, 2,5 м в ширину и 2,5 м в высоту.

Конструкция жилища «Superforma», спроектированная архитекторами Ex Figura в 2021 г., имеет небольшой вес и может быть сложена в виде рюкзака и самостоятельно перемещена на дальние расстояния. Инструкции и направляющие напечатаны на ткани красным цветом, что облегчает пользователям возведение па-

латки. Убежище поставляется с портативной металлической конструкцией, что позволяет соединять ее с другими модулями и формировать более крупное защищенное пространство. Подобные жилища оснащены 2–4 спальными местами и местом для приготовления пищи. Санитарный блок зачастую обслуживает несколько жилищ и вынесен в отдельное помещение.

Трансформируемое жилище «Enfold» для кризисных ситуаций техногенного характера было разработано архитекторами Woods Bagot в рамках архитектурной выставки в г. Мельбурне. Жилище представляет собой складной навес в форме листа оригами. Оболочка дома легко сворачивается для транспортировки в места, пострадавшие от военных действий. Конструкция имеет модульную основу в виде складного блока из четырех граней, которые могут быть сложены в различных конфигурациях, а также соединены между собой для формирования более крупных структур.

Проект «Parashelter», разработанный в рамках той же выставки, представляет собой убежище на основе парашюта. Конструкция может быть сложена в один контейнер и доставлена воздушным транспортом в места, недоступные для наземной техники. Тентовая мембрана поддерживается гибким металлическим каркасом, придающим укрытию форму сферы. Для оболочки был выбран яркий цвет, чтобы жилище было хорошо различимо с высоты.

Автономные системы жизнеобеспечения

Для размещения на территориях, инфраструктура которых пострадала от военных действий, требуется создание независимых систем жизнеобеспечения зданий. Современные технологии позволяют создавать убежища, конструктивные элементы которых способны преобразовывать энергию солнца и тепла и обеспечивать полную энергетическую автономность здания [18].

Принцип плетения в построении формы позволяет добиваться не только выразительного образа архитектуры, но и способствует обеспечению автономности жилища [19]. Развертываемые модули, разработанные дизайнером А. Сейкали, представляют собой текстильные полусферы, в которые вплетены пластиковые трубки. Они являются каналами для прокладки электричества и циркуляции воды. Мембранная ткань преобразует солнечное излучение в электричество для зарядки встроенного аккумулятора, обеспечивающего электроэнергию, необходимую



Рис. 1. Складное убежище «Folding pod». Источник: <https://architizer.com/blog/projects/folding-pod/>

Fig. 1. Collapsible shelter “Folding pod”. Source: <https://architizer.com/blog/projects/folding-pod/>

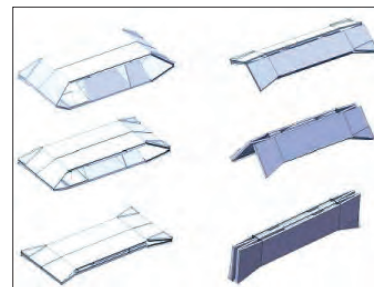
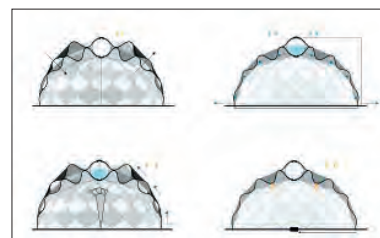


Рис. 2. Развертываемое убежище из ткани. Источник: <https://www.archdaily.com/778743/abeer-seikalys-structural-fabric-shelters-weave-refugees-lives-back-together>

Fig. 2. Deployable fabric shelter. Source: <https://www.archdaily.com/778743/abeer-seikalys-structural-fabric-shelters-weave-refugees-lives-back-together>



для функционирования убежища. В купольной части расположен резервуар для хранения воды, используемой для санитарных нужд (рис. 2).

Минимальный дом для расположения в условиях мегаполиса был разработан студентами Йельского университета в 2018 г. в рамках стратегии экоустойчивости Программы ООН по окружающей среде. Подобный дом может быть адаптирован под нужды различных социальных групп, включая мигрантов, проживающих в мегаполисах. Встроенные системы обслуживания здания включают выработку энергии солнечными батареями, сбор дождевой воды и пассивную перекрестную вентиляцию. За счет устройства вертикального озеленения в стенах дома осуществляется очищение воздуха и выращивание овощных культур в собственном портативном саду [20]. Встраиваемая меблировка позволяет многофункционально использовать пространство.

Модульный дом в форме шестиугольника «Hex House» был разработан студией Architects for Society. Стены убежища выполнены из стальных сэндвич-панелей с прослойкой из пенополистирола. Дом площадью 40 м² оснащен системой сбора и хранения дождевой воды и электрическими солнечными панелями, установленными на крыше. Внутренние перегородки модуля не достигают потолка для обеспечения гибкой планировки и естественной вентиляции интерьерных помещений.

Вторичная переработка строительных материалов

Так как большинство убежищ является временными, возрастает требование к утилизации и пере-



Рис. 3. Жилой дом с наружными стенами из водонепроницаемого картона. Источник: <https://www.archdaily.com/889151/modular-eco-housing-pushing-boundaries-with-cardboard>

Fig. 3. Residential building with exterior walls made of waterproof cardboard. Source: <https://www.archdaily.com/889151/modular-eco-housing-pushing-boundaries-with-cardboard>



Рис. 4. Быстровозводимое убежище «Cortex Shelter». Источник: <https://www.dezeen.com/2019/09/17/cortex-shelter-cutwork-refugee-architecture/>

Fig. 4. Prefabricated refuge "Cortex Shelter". Source: <https://www.dezeen.com/2019/09/17/cortex-shelter-cutwork-refugee-architecture/>

работке материалов. Конструкция жилища «Dan Dan Dome» архитектора Ю. Мураками изготовлена из высокопрочного водонепроницаемого картона, может быть собрана без шурупов и гвоздей и впоследствии полностью переработана. Защитное ламинированное покрытие не дает внешним стенам нарушиться от осадков. Сегменты оболочки убежища составляют прочную структуру в виде геодезического купола.

Микродом «СТН*1» для расположения на открытых паркингах был разработан и построен студентами Кобургского университета прикладных наук в Германии в 2022 г. Здание рассчитано на проживание 1–2 человек в течение пяти лет. Общая площадь дома составляет 19 м². Эксплуатация дома полностью экологична: конструкция выполнена из перерабатываемых материалов – соломы, древесины, глины и мела; кровля оснащена солнечными панелями и установкой для сбора и очистки дождевой воды. Для строительства здания было задействовано поврежденное дерево, не отвечающее визуальным стандартам для продажи. Солома выступает в качестве теплоизоляционного слоя, стены окрашены меловой краской.

Индивидуальное убежище «Wikkelhouse» было спроектировано голландскими архитекторами Fiction Factory. Конструкции дома изготовлены из прочного картона, который обернут на стальную раму в несколько слоев. Слои картона склеиваются экологически чистым клеем, а сверху конструкция облицована слоем водонепроницаемой пленки и деревянными панелями (рис. 3). Все материалы дома могут быть вторично переработаны. Конструкция жилища соби-

рается из отдельных сегментов размером 1,2×4,6 м и может быть расширена и дополнена под нужды жильцов.

Возведение конструкций без применения специализированной рабочей силы

Для эффективного ответа на мгновенные вызовы, связанные с гуманитарными катастрофами, убежища должны быть простыми в возведении. Студия Cutwork разработала проект «Cortex Shelter» – убежища, которое можно возвести всего за 24 часа. Оболочка здания выполнена из текстильбетона, затвердевающего в течение суток при попадании воды на его поверхность. Бетонная конструкция толщиной 1,25 см может служить до 30 лет и требует минимального ухода. Возведение подобного убежища не требует квалифицированной рабочей силы и может быть осуществлено двумя жителями. В начале строительства

оболочка закрепляется на каркасе из металлических трубок. После добавления воды в бетонный текстиль водорастворимая ткань, удерживающая его, распадается, оставляя твердый бетон (рис. 4).

Тентовые структуры, служащие быстровозводимыми убежищами для размещения в среде мегаполиса, были разработаны архитекторами People's Architecture Office. Складные модули выполнены из светоотражающих панелей, используемых для фотосъемок. Подобные структуры могут быть размещены в широком спектре условий – от крыш исторических зданий до музейных пространств. Модули свободно стыкуются между собой, чтобы образовывать сложные пространственные композиции в виде навесов и укрытий.

Дом-убежище «Grid-500», разработанный Carter Williamson Architects, транспортируется в плоской упаковке и может быть собран жильцами самостоятельно за 3,5 часа. На площади дома в 37,5 м² может быть развернуто убежище для 8–10 человек. Дом оснащен внешним блоком с санитарно-гигиеническими удобствами, включающими компостный туалет и душ. Резервуары для сбора дождевой воды установлены на крыше. Для приготовления пищи служит портативная плита, работающая за счет газовых баллонов.

Выводы

В результате исследования были выявлены современные тенденции развития резервного жилища, возводимого в условиях социальной напряженности. Основными трендами являются:

1. Стремление к минимизации площади жилища без утраты функций, обеспечивающих базовые комфортные условия существования.

2. Создание автономных систем жизнеобеспечения жилища путем размещения энергоустановок для сбора и преобразования возобновляемой энергии.

3. Использование вторично перерабатываемых материалов для возведения конструкции жилища и последующей отделки интерьеров.

4. Применение легких и удобных в использовании конструктивных схем жилища, возведение которых не требует специализированной подготовки.

Список литературы

1. Карпухин М.К. Проблемы миграции в 2021 г.: Обзор мировых СМИ. *Актуальные проблемы медиапространства: от теоретических аспектов до практической реализации: Сборник научных статей конференции*. М., 2022. С. 183–188.
2. Вялов И.И. Проблема организации гуманитарной помощи беженцам из Украины на примере Воронежской области. *Управление социально-экономическим развитием регионов: проблемы и пути их решения: Сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции*. Курск, 2022. С. 56–59.
3. Седнев В.А., Чередниченко С.В., Гончаров В.Л. Требования к пунктам временного размещения пострадавшего в ЧС населения // *Технологии техносферной безопасности*. 2016. № 4 (68). С. 140–148.
4. Сапрыкина Н.А. Формирование экоустойчивого пространства будущего: Теория. Практика. Перспективы. М.: Курс, 2021. 288 с.
5. Сапрыкина Н.А. Стратегические изменения при формировании пространства жизнедеятельности в условиях глобальной опасности в контексте ноксологии. *Архитектура: Наследие, традиции и новации: Сборник статей IV международной научной конференции*. М., 2022. С. 32.
6. Аширова М.В., Айдарова Г.Н. Архитектура быстрого реагирования: концепция временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2016. № 2 (36). С. 17–22.
7. Мироненко В.П., Цымбалова Т.А. Мобильное жилье для мигрантов // *World science*. 2018. Т. 1. № 4 (32).
8. Астахова Е.С. Современная мобильная архитектура и мобильное жилище // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 4 (47). 238 с. <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4622> (дата обращения: 25.10.2022).
9. Eichner M., Ivanova Z.I. Sustainable and social quality of refugee housing architecture. *MATEC Web*

В существующих реализованных и концептуальных разработках эти тренды зачастую взаимосвязаны и применены в совокупности в рамках одного жилища. Выявленные тенденции объединяет соответствие парадигме экоустойчивости, которая составляет смысловой каркас прогрессивных направлений современной архитектуры. Благодаря совершенствованию «зеленых» технологий в архитектуре палитра концептуальных направлений, формирующих резервное жилище в условиях социального конфликта, будет расширяться и обогащаться.

References

1. Karpukhin M.K. Problems of migration in 2021: a review of the world media. *Actual problems of the media space: from theoretical aspects to practical implementation: Collection of scientific articles of the conference*. Moscow. 2022, pp. 183–188. (In Russian).
2. Vyalov I.I., Kuzmina V.M. The problem of organizing humanitarian aid to refugees from Ukraine of the Voronezh region. *Management of socio-economic development of regions: problems and solutions: Collection of scientific articles of the 12th International Scientific and Practical Conference*. Kursk. 2022, pp. 56–59. (In Russian).
3. Sednev V.A., Cherednichenko S.V., Goncharov V.L. Requirements for the temporary accommodation centers for the population suffered in emergencies. *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti*. 2016. No. 4 (68), pp. 140–148. (In Russian).
4. Saprykina N.A. Formation of eco-sustainable future habitat: Theory Practice Prospects [Formirovanie eko-ustoichivogo prostranstva budushchego: Teoriya. Praktika. Perspektivy]. Moscow: Kurs. 2021. 288 p.
5. Saprykina N.A. Strategic changes of the life space formation in the context of global danger in noxology. *Architecture: Heritage, Traditions and Innovations: Collection of Articles IV International Scientific Conference*. Moscow. 2022, pp. 32.
6. Ashirova M.V., Aidarova G.N. Rapid response architecture: the concept of temporary mobile housing in large cities. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2016. No. 2 (36), pp. 17–22. (In Russian).
7. Mironenko V.P., Tsymbalova T.A. Mobile housing for migrants. *World science*. 2018. Vol. 1, No. 4 (32). (In Russian).
8. Astakhova E.S. Modern mobile architecture and mobile home. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2017. No. 4 (47), pp. 238. <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4622> (Date of access 25.10.2022). (In Russian).
9. Eichner M., Ivanova Z.I. Sustainable and social quality of refugee housing architecture. *MATEC Web*

- of Conferences*. 2018. № 193. С. 04001. https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/52/matecconf_esci2018_04001.pdf (дата обращения 25.10.2022).
10. Белобородова К.И. Мировая практика организации временного размещения мигрантов в условиях мегаполисов // *Экология урбанизированных территорий*. 2021. № 1. С. 56–59.
 11. Conti R.L., Dabaj J., Pascucci E. Living Through and Living On?: Participatory Humanitarian Architecture in the Jarahieh Refugee Settlement, Lebanon // *Migration and society: Advances in Research*. 2020. № 3. С. 213–221.
 12. Lukes S., Noronha N., Finney N. Slippery discrimination: a review of the drivers of migrant and minority housing disadvantage // *Journal of Ethnic and Migration Studies*. 2019. Vol. 45. Iss. 17. P. 3188–3206, DOI: 10.1080/1369183X.2018.1480996
 13. Leiler A., Bjärtå A., Ekdahl J., Wasteson E. Mental Health and Quality of Life among Asylum Seekers and Refugees Living in Refugee Housing Facilities in Sweden // *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*. 2019. Vol. 54, No. 5, pp. 543–551.
 14. Dadusc D., Grazioli M., Martínez M.A. Introduction: citizenship as inhabitation? Migrant housing squats versus institutional accommodation // *Citizenship studies*. 2019. Vol. 23. С. 521–539.
 15. Lozanovska M. Migrant Housing. London: Routledge. 2019. 260 с. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203701300>
 16. Kizilova S.A. Autonomous reserve housing in the aquatic environment: designing a self-sustainable floating module // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Т. 1614. С. 012003. DOI: 10.1088/1742-6596/1614/1/012003
 17. Астахова Е.С. Особенности архитектуры социального жилища // *Общество*. 2021. № 4 (23). С. 123–125.
 18. Ремизов А.Н. «Энергетический след» как фактор формообразования и градостроительства // *Жилищное строительство*. 2016. № 8. С. 13–17.
 19. Козлов Д.Ю. Плетеные поверхности в современном архитектурном формообразовании. *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году: Сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук*. М., 2018. Т. 1. С. 88–98.
 20. Saprykina N.A. Environmental strategies for the formation of urban agriculture in the context of the transition to sustainable development // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 1010. P. 012064.
 10. Beloborodova K.I. The world practice of organizing temporary accommodation of migrant in megacities. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*. 2021. No. 1, pp. 56–59. (In Russian).
 11. Conti R.L., Dabaj J., Pascucci E. Living Through and Living On?: Participatory Humanitarian Architecture in the Jarahieh Refugee Settlement, Lebanon. *Migration and society: Advances in Research*. 2020. No. 3, pp. 213–221.
 12. Lukes S., Noronha N., Finney N. Slippery discrimination: a review of the drivers of migrant and minority housing disadvantage. *Journal of Ethnic and Migration Studies*. 2019. Vol. 45, Iss. 17, pp. 3188–3206. DOI: 10.1080/1369183X.2018.1480996
 13. Leiler A., Bjärtå A., Ekdahl J., Wasteson E. Mental Health and Quality of Life among Asylum Seekers and Refugees Living in Refugee Housing Facilities in Sweden. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*. 2019. Vol. 54. No. 5, pp. 543–551.
 14. Dadusc D., Grazioli M., Martínez M.A. Introduction: citizenship as inhabitation? Migrant housing squats versus institutional accommodation. *Citizenship studies*. 2019. Vol. 23, pp. 521–539.
 15. Lozanovska M. Migrant Housing. London: Routledge. 2019. 260 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203701300>
 16. Kizilova S.A. Autonomous reserve housing in the aquatic environment: designing a self-sustainable floating module. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1614, pp. 012003. DOI: 10.1088/1742-6596/1614/1/012003
 17. Astakhova E.S. Features of the architecture of social housing. *Obshchestvo*. 2021. No. 4 (23), pp. 123–125. (In Russian).
 18. Remizov A.N. An “energy-trail” as a factor of form making and urban development. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 8, pp. 13–17. (In Russian).
 19. Kozlov D.Yu. Wovwn surfaces in the modern architectural form-finding. *Fundamental, exploratory and applied research of the RAASN on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2017. Collection of scientific works of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences*. Moscow. 2018. Vol. 1, pp. 88–98.
 20. Saprykina N.A. Environmental strategies for the formation of urban agriculture in the context of the transition to sustainable development. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 1010, pp. 012064.

ЭКОНОМИКА ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА В ИНДУСТРИИ ДЕМОНТАЖА И РЕЦИКЛИНГА

CLOSED-LOOP ECONOMY IN THE DISMANTLING AND RECYCLING INDUSTRY

Третий международный демонтажный форум 2022, организованный Национальной ассоциацией демонтажных Организаций, состоялся в Москве. Журналы «Строительные материалы»® и «Жилищное строительство» выступили информационными партнерами мероприятия. Основные темы, обсуждаемые на форуме: правовые вопросы; технология демонтажа при сносе зданий и сооружений; разбор и демонтаж опасных производственных объектов; обращение с отходами строительства и сноса, промышленными отходами; рекультивация загрязненных земель. Особенное внимание уделено реализации федерального проекта «Экономика замкнутого цикла».

The Third International Dismantling Forum 2022, organized by the National Association of Dismantling Organizations, took place in Moscow. The magazines «Construction Materials» and «Housing Construction» acted as media partners of the event. The main issues discussed at the forum: legal issues; technology of dismantling during the demolition of buildings and structures; disassembly and dismantling of hazardous production facilities; management of construction and demolition waste, industrial waste; recultivation of contaminated lands. Special attention is paid to the implementation of the Federal Project «Closed Cycle Economy».

Строительство и демонтаж неразрывно связаны: когда заканчивается жизненный цикл здания или сооружения, начинается демонтаж. Когда заканчивается демонтаж – начинается новый жизненный цикл. Индустрия демонтажа – это не только сложный процесс сноса зданий и сооружений, но и обращение с отходами, очистка от загрязнений, рекультивация.

Мероприятие открыл управляющий Национальной ассоциацией демонтажных организаций А. Кондратьев, который отметил, что в 2022 г. в форуме приняли участие лидеры крупных российских промышленных холдингов в сфере нефтехимии, металлургии, атомной энергетики.

Одна из ключевых проблем, обсуждаемых на форуме, – правовые акты по нормированию процесса оборота со строительными отходами, так как в большинстве случаев данная тематика еще не получила должного развития в регионах России. Необходимо четко распределить полномочия между федеральными и местными властями. Существующий проект отраслевой программы «Применение вторичных ресурсов, вторичного сырья из отходов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2022–2030 годы» в части вовлечения отходов, образующихся при строительстве, реконструкции, разрушении, сносе, разборке, ремонте зданий,



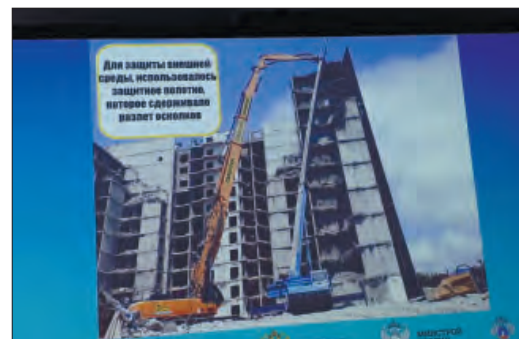


сооружений и инженерных коммуникаций, в экономический оборот на период до 2030 г., разработанный в рамках федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» (https://www.mnr.gov.ru/press/75-let-pobedy/ekonomika_zamknutogo_tsikla_initsiativa_nuzhnaya_kazhdomu_zhitelyu_strany/), ставит одной из задач увеличение доли отходов строительства, направленных на утилизацию, в том числе рециклинг, до 40%. Согласно официально опубликованной статистике Росприроднадзора (данные 2-ТП отходы за 2020 г. <https://rpn.gov.ru/activity/regulation/help/>) в Российской Федерации за 2020 г. образовалось 71,3 млн т отходов по блоку 8 ФККО («Отходы строительства и ремонта»), из которых утилизировано для повторного применения (рециклинга) 15,5 млн т (22%).

На форуме подписано соглашение между Национальной ассоциацией демонтажных организаций и Ассоциацией развития вторичного использования сырья, направленное на реализацию проектов по утилизации объектов накопления вредных отходов окружающей среды, в рамках которых требуется снос зданий, сооружений, удобств, а также использование вторичного сырья, полученного за счет использования промышленных отходов; содействие реализации технологических проектов замкнутого цикла, направленных на вовлечение в оборот оборотных средств сельского хозяйства и строительства, а также промышленных отходов. Отмечено, что организации предоставляют данные о методах роста и современных подходах к получению доходов от применения вторичных ресурсов и вторичного сырья в оборотной экономике.

Большая часть докладов была посвящена технологии и инновационным методам безопасного выполнения демонтажных работ. Отметим интересный доклад ген. директора ООО «Техносервис» (Краснодар) А. Иваненко о проекте «Демонтаж 14-этажного многоквартирного дома в городе Геленджик», когда объект располагался в плотной городской застройке. Расстояние между соседними зданиями 1,4 и 6 м. Демонтаж проводился летом в сложных климатических условиях. Необходимо было обеспечить защиту от пыли близлежащих домов и работающих социальных объектов.

Третий международный демонтажный форум России 2022 г. прошел при поддержке Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства, Национальной ассоциации демонтажных организаций, Университета Министерства строительства России, Объединения природных ресурсов производителей минеральной и строительной промышленности.



УДК 699.841

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-21-27>

А.В. МАСЛЯЕВ, канд. техн. наук (victor3705@mail.ru)

Научно-исследовательская сейсмическая лаборатория (400117, г. Волгоград, ул. Землячки, 27, корп. А, 51)

Проблема сейсмической опасности для населенных пунктов России

Известно, что эндогенные процессы (землетрясения, климат, наводнения и т. д.) на поверхности Земли происходят в соответствии с правилом смены периода их затишья на период всплеска высокой активности. Так, согласно исследованиям автора, последний период всплеска сейсмической активности на Земле длился примерно 60 лет (1948–2011 гг.), а ученые-физики в 2021 г. за теоретическое обоснование смены холодного периода климата на теплый период на Земле получили Нобелевскую премию. Однако, в комплекте нормативных сейсмических шкал ОСР-2015 используются характеристики землетрясений только из периода их затишья, поэтому защита населенных пунктов (людей) в России не может гарантироваться в очередной период всплеска активности землетрясений на Земле.

Ключевые слова: всплеск сейсмической активности, затишье сейсмической активности, защита населенно-го пункта, федеральный закон, нормативный документ.

Для цитирования: Масляев А.В. Проблема сейсмической опасности для населенных пунктов России // Жилищное строительство. 2023. № 1–2. С. 21–27. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-21-27>

A.V. MASLYAEV, Candidate of Sciences (Engineering) (victor3705@mail.ru)
Research Seismic Laboratory (27, bldg. A. 51, Zemlyachki Street, 400117, Volgograd, Russian Federation)

The Problem of Seismic Hazard for Russian Settlements

It is known that endogenous processes (earthquakes, climate, floods, etc.) on the Earth's surface occur in accordance with the rule of changing the period of their calm to the period of a surge of high activity. So, according to the author's research, the last period of a burst of seismic activity on Earth lasted about 60 years (1948–2011), and physicists received the Nobel Prize in 2021 for the theoretical justification of the change from a cold climate period to a warm period on Earth. However, the set of normative seismic scales OSR-2015 uses the characteristics of earthquakes only from the period of their calm, so the protection of settlements (people) in Russia cannot be guaranteed in the next period of a surge in earthquake activity on Earth.

Keywords: burst of seismic activity, lull in seismic activity, protection of the settlement, federal law, regulatory document.

For citation: Maslyayev A.V. The Problem of seismic hazard for russian settlements. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 21–27. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-21-27>

Основная цель данной статьи в том, чтобы по статистике прошедших землетрясений во второй половине XX в. и в начале XXI в. на территориях разных стран признать (или не признать) сейсмический процесс нестационарным процессом, который можно представить в виде периода всплеска высокой активности землетрясений и некоторого затишья. Землетрясения в период высокой активности проявляются, как правило, с максимальной интенсивностью и с очень малыми значениями повторяемости, что в совокупности и образует наиболее опасные сейсмические воздействия на все капитальные строительные объекты населенных пунктов. Поэтому на территории бывшего СССР при землетрясении погибла большая часть населения в пос. Северо-Курильск (Камчатка) в 1952 г. и в пос. Нефтегорск (Сахалин) в 1995 г. [1].

Ведь при подтверждении проявления землетрясений на Земле с характеристиками нестацио-

нарного геодинамического процесса, это должно обязать прежде всего ученых сейсмологов предусмотреть в нормативных сейсмических картах России значительно увеличенную сейсмическую опасность для территорий населенных пунктов России, а ученых строителей предусмотреть в строительных нормах расчеты капитальных зданий и сооружений на более высокие сейсмические воздействия. Известно, что сейсмическая опасность определяется вероятностью возникновения сейсмических воздействий определенной силы на заданной площадке или в заданном пункте в течение заданного интервала времени [2].

Такой подход к определению сейсмической опасности для территорий населенных пунктов России позволяет понять, что из-за большой длительности их жизненных циклов в 1 тыс. лет и более и при очень малых значениях по времени периодов затишья

сейсмического процесса, вероятность воздействия землетрясений с максимальной интенсивностью на населенные пункты сильно увеличивается. Ведь в первую очередь профессиональные строители должны быть заинтересованы в том, чтобы в расчетах капитальных строительных объектов населенных пунктов использовать только самые высокие силовые воздействия, так как увеличенная прочность их конструкций повышает прежде всего степень защиты людей, ценного оборудования при воздействиях опасных природных явлений и продлевает почти вдвое длительность их жизненных циклов, что обеспечивает строительным объектам значительные экономические преимущества [3].

О периодичности проявления эндогенных процессов с разной интенсивностью на Земле указывают известные ученые России [4]: «Еще одна сторона тектогенеза первостепенной важности, не учитывавшаяся классической тектоникой плит, – периодичность в изменении интенсивности тектонических и вообще эндогенных процессов... Эта периодичность эндогенных процессов находит отражение в процессах изменения рельефа, осадконакопления, развития органической жизни и увязывается, с одной стороны, с изменением частоты инверсий магнитного поля, т. е. с изменениями в глубоких недрах Земли и параметров ее орбитального вращения (эксцентриситет орбиты, наклон оси, прецессия)». О циклическом характере сейсмических процессов на Земле указывают и другие российские ученые [5]: тектонические напряжения в земной коре носят волновой характер и порождают деформационные волны, вызывающие циклический характер проявления сейсмичности. Подтверждением нестационарного геодинамического процесса в литосфере Земли является, например, приведенная в [7] многократная смена периодов малых значений скоростей на периоды высоких их значений при погружениях отдельных осадочных бассейнов в литосфере Восточно-Европейской платформы за сотни млн лет: «На остальной территории осадочных бассейнов режим медленного компенсированного погружения неоднократно сменялся погружениями второго типа – с высокой скоростью порядка 0,5–1 км за млн лет...» [5].

О нестационарности сейсмического процесса и его основных причинах еще в XX в. отмечено в [6]: «Однако процесс сейсмичности, строго говоря, нельзя считать стационарным и его не стационарность обязана, вероятнее всего, двум причинам: 1) не стационарности тектонического режима; 2) изменению хода сейсмичности в результате происшедшего сильного землетрясения... В Северной Турции с 1939 г. по 1980 г. произошло восемь разрушительных землетрясений с магнитудой 6,5 и выше, в то время

как за предыдущий период, продолжительностью 150–200 лет, не отмечено ни одного столь заметного события на той же довольно обширной территории». Так, в [7] на примере непрерывных изменений в геологических и тектонических процессах в Прикаспийской геосинклинали в течение нескольких сотен млн лет так же показано, что все геодинамические процессы в литосфере Земли, как правило, во времени не стационарны.

Периодические изменения климата на Земле с холодного на теплый обоснованы в научных исследованиях К. Хассельмана и С. Манаба «За моделирование физики климата Земли, математическое описание изменчивых систем и точное предсказание глобального потепления» (Нобелевская премия по физике, 5.10.2021 г.). Российские ученые в области строительной физики так же подтверждают многочисленные изменения климата на Земле в виде смены периодов холода на периоды потепления [8]: «Анализ климатических параметров для городов Российской Федерации за период с 1972 по 2020 гг. показал, что в большинстве регионов РФ наблюдается тенденция к потеплению». В настоящее время ученым понятно, что одним из надежных показателей прихода теплого климата на Земле служит активное таяние Антарктического и Гренландского ледяных щитов.

Поэтому, используя статистику прошедших землетрясений с интенсивностью 7 и более баллов (без учета повторных землетрясений) на территории СССР и других стран [9–11], автор данной статьи пришел к выводу, что всплеск активности землетрясений на Земле начался примерно с разрушительного Ашхабадского землетрясения в 1948 г. и закончился примерно в марте 2011 г. в Японии еще более сильным землетрясением [12]. Другими словами, период всплеска активности землетрясений на Земле во второй половине XX в. и в начале XXI в. длился примерно 60 лет. При этом следует отметить совпадение времени разрушительных землетрясений в Северной Турции в 1939–1980 гг. из [6] со временем всплеска активности землетрясений на Земле, которое указано автором статьи в [12]. Впервые российский ученый сейсмолог высказал свое предположение о вероятной активизации общей тектонической активности на Земле в [6]: «С активизацией тектонической активности, возможно, связана и серия Газлийских землетрясений, происшедших в Западном Узбекистане начиная с 1976 г. Можно привести и другие примеры колебаний сейсмичности во времени, например, высокая сейсмическая активность в Корее...». Здесь следует сказать и о том, что и следующее сильное Газлийское 1984 г. землетрясение произошло так же в период всплеска активности землетрясений на Земле [12].

С целью показать всплеск высокой активности прошедших землетрясений в конце XX в. и в начале XXI в. на территориях многих стран мира (без учета сильных землетрясений только на территориях океанов), ниже в статье приводится статистика только самых сильнейших землетрясений с магнитудой $M \geq 7$, которые в наибольшей степени могут характеризовать период их всплеска (пропуски отдельных сильных землетрясений вероятны) [9–11].

Камчатка. 1. 4 ноября 1952 г. $M = 8,5$. 2. 4 мая 1959 г. $M = 7,6$. 3. 18 июня 1959 г. $M = 7$. 4. 22 ноября 1969 г. $M = 7,7$. 5. 24 ноября 1971 г. $M = 7,3$. 6. 15 декабря 1971 г. $M = 7,8$. Итого, за 19 лет произошло шесть землетрясений с усредненной повторяемостью через три года.

Курилы. 1. 4 марта 1952 г. $M = 8,3$. 2. 6 ноября 1958 г. $M = 8,2$. 3. 13 октября 1963 г. $M = 8,1$. 4. 24 июля 1964 г. $M = 7,2$. 5. 19 марта 1967 г. $M = 7$. 6. 29 января 1968 г. $M = 7,2$. 7. 1 августа 1969 г. $M = 8,2$. 8. 28 февраля 1973 г. $M = 7,5$. Итого, за 21 год произошло восемь сильных землетрясений с усредненной повторяемостью через 2,6 года.

Сахалин. 1. 6 сентября 1971 г. $M = 7,5$. 2. 28 мая 1995 г. $M = 7,6$. Итого, за 24 года произошло два сильнейших землетрясения с усредненной повторяемостью через 24 года.

Прибайкалье. 1. 4 апреля 1950 г. $M = 7$. 2. 27 июня 1957 г. $M = 7,6$. 3. 4 декабря 1957 г. $M = 8,1$. 4. 5 января 1967 г. $M = 7,8$. Итого, за 17 лет произошло четыре сильнейших землетрясения с усредненной повторяемостью через четыре года.

В Горном Алтае. 27 сентября 2003 г. $M = 7,3$.

Средняя Азия и Казахстан. 1. 10 июля 1949 г. $M = 7,4$. 2. 11 августа 1974 г. $M = 7,3$. 3. 8 апреля 1976 г. $M = 7$. 4. 20 марта 1984 г. $M = 7,2$. Итого, за 35 лет произошло четыре землетрясения с усредненной повторяемостью примерно через девять лет.

Западная Туркмения. 5 октября 1948 г. $M = 7,3$.

Монголия. 4 декабря 1957 г. $M = 8,1$.

Армения. 7 декабря 1988 г. $M = 7$.

Китай. 1. 15 августа 1950 г. $M = 8,6$; 2. 28 июля 1976 г. $M = 7,9$; 3. 12 мая 2008 г. $M = 8$. Итого, за 58 лет произошло три сильных землетрясения с повторяемостью через 19 лет.

Индия. 15 августа 1950 г. $M = 8,6$.

Индонезия. 1. 26 декабря 2004 г. $M = 9,1$. 2. 28 марта 2005 г. $M = 8,5$. Итого, произошло два самых сильных землетрясения через девять месяцев.

Япония. 1. 28 июня 1948 г. $M = 7,3$. 2. 16 июня 1964 г. $M = 7,5$. 3. 16 мая 1968 г. $M = 7,8$. 4. 11 марта 2011 г. $M = 9,2$. Итого, за 63 года произошло четыре сильнейших землетрясения с их усредненной повторяемостью через 16 лет.

Пакистан. 8 октября 2005 г. $M = 7,6$.

Турция. 1. 19 августа 1966 г. $M = 7$. 2. 28 марта 1970 г. $M = 7,75$. Итого, за пять лет произошло два сильнейших землетрясения с повторяемостью через четыре года.

США. 27 марта 1964 г. $M = 8,5$.

Чили. 1. 22 мая 1960 г. $M = 9,5$. 2. 28 марта 1965 г. $M = 7,4$. 3. 28 декабря 1966 г. $M = 7,8$. 4. 8 июля 1971 г. $M = 7,5$. 5. 10 мая 1975 г. $M = 7,7$. 6. 16 октября 1981 г. $M = 7,5$. 7. 13 июня 2005 г. $M = 7,8$. 8. 27 февраля 2010 г. $M = 8,8$. 9. 2 января 2011 г. $M = 7,1$. Итого, за 51 год произошло девять сильнейших землетрясений с усредненной повторяемостью через примерно 5,5 года.

Основные показатели всплеска активности землетрясений с 1948 г. по 2011 г.: 1) погибла большая часть населения в двух населенных пунктах: Северо-Курильске (1952 г.) и Нефтегорске (1995 г.); 2) наличие трех землетрясений с максимально возможной магнитудой $M \geq 9$ в Земле; 3) 12 землетрясений с огромной магнитудой $M \geq 8$; 4) 35 сильнейших землетрясений с магнитудой $M \geq 7$. Итого за 63 года на территории ряда стран произошло 50 сильнейших землетрясений с магнитудой M от 7 до 9,2 с усредненной повторяемостью через 1,26 года. К тому же, здесь не перечислены землетрясения на территории бывшего СССР с интенсивностью менее 7.

Выпишем землетрясения с максимальной магнитудой $M \geq 8$, которые произошли с 1952 по 1970 г. на территории бывшего СССР: 1. 4 марта 1952 г. $M = 8,3$ (Курилы). 2. 4 ноября 1952 г. $M = 8,5$ (Камчатка). 3. 4 декабря 1957 г. $M = 8,1$ (Прибайкалье). 4. 6 ноября 1958 г. $M = 8,2$. 5. 13 октября 1963 г. $M = 8,1$. 6. 1 августа 1969 г. $M = 8,2$ (Курилы). Получается, что за 17 лет на территории СССР произошло шесть сильнейших землетрясений с усредненной повторяемостью примерно через три года.

На территории СССР с 1950 по 2003 г. произошло 20 землетрясений с $M \geq 7$ с усредненной повторяемостью примерно через три года. Но ведь в комплексе сейсмических шкал ОСР-2015 для таких землетрясений предусмотрена их повторяемость через 5 тыс. лет. Как видим, только в одном 1952 г. произошло два землетрясения с $M \geq 8$ на Курилах и Камчатке, а потом с разницей в один год произошло два таких землетрясения на территориях Прибайкалья (1957 г.) и Курил (1958 г.). Авторы нормативных значений повторяемости землетрясений в Картах общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 при анализе повторяемости реальных землетрясений на земном шаре в период времени с 1987 г. по 1996 г. (эти землетрясения так же из периода рассматриваемого в данной статье всплеска активности землетрясений) были вынуждены сделать вывод: «Как выясняется, реальная частота воз-

никования крупных землетрясений в три и более раз выше, чем это считалось прежде» [13].

С целью показать высокую сейсмическую активность землетрясений за время с 2000 г. по 2011 г. на всей территории Земли (и на территориях океанов) в таблице (<https://earthquake.usgs.gov/data/shakemap/>) приводится статистика, которая показывает реальные значения повторяемости самых сильных землетрясений с магнитудой $M \geq 7$ на всей территории Земли за время от 2000 г. по 2011 г. Так, согласно данным таблицы за время 12 лет произошло 14 землетрясений с магнитудой $M \geq 8$, а с магнитудой $M \geq 7$ – 173 землетрясения. Таким образом, в течение 12 лет каждый год на Земле происходило примерно по 16 сильнейших землетрясений с магнитудой $M \geq 7$ (наибольшее количество землетрясений с $M \geq 7$ произошло в 2010–2011 гг.). Данные в таблице по реально произошедшим землетрясениям свидетельствуют о том, что сейсмический процесс на Земле является все же нестационарным геодинамическим процессом.

Для сравнения значений повторяемости землетрясений с разными максимальными магнитудами в период всплеска их активности на Земле со значениями периодов повторяемости землетрясений для разных интенсивностей из комплекта сейсмических карт ОСР-2015 следует с помощью формулы (1) макросейсмического поля ГОСТ 57546–2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» расчетом определить минимальные значения магнитуд землетрясений, которые способны создавать на поверхности Земли эти нормативные значения интенсивностей землетрясений. Другими словами, магнитуды землетрясений из периода их всплеска можно сравнивать только с магнитудами землетрясений, которые могли использовать авторы комплекта сейсмических карт ОСР-2015 для расчетов нормативных значений интенсивностей землетрясений для территорий населенных пунктов России:

$$I = a M_s - b \lg(H^2)^{0,5} + c, \quad (1)$$

где I – интенсивность землетрясения в эпицентре; M_s – магнитуда по поверхностным волнам; H – глубина очага, км в расчетах принята равной 20 км; a, b, c – эмпирические коэффициенты – для упрощения в расчетах используем только их усредненные значения (в разных регионах России они несколько различаются по значениям). Тогда по формуле (2) определяем значения магнитуд землетрясений в зависимости от их интенсивности на поверхности Земли (расчеты только для эпицентров землетрясений и на территориях с грунтами 2-й категории):

$$M_s = (1 + 3,5 \lg(202)0/5 - 3) / 1,5; \quad (2)$$

при $I = 7$ баллов – $M_s = (7 + 3,5 \cdot 1,3 - 3) / 1,5 = 5,7$;

при $I = 8$ баллов – $M_s = (8 + 3,5 \cdot 1,3 - 3) / 1,5 = 6,4$;

при $I = 9$ баллов – $M_s = (9 + 3,5 \cdot 1,3 - 3) / 1,5 = 7$.

Как следует из вышеприведенного расчета минимальных значений магнитуд землетрясений, землетрясения с магнитудой $M = 5,7$ с глубиной очага 20 км могут на поверхности Земли с грунтами 2-й категории вызвать 7-балльное землетрясение. Как известно, для всех территорий населенных пунктов в сейсмоопасных районах России разработаны по три сейсмические карты, в которых указаны разные интенсивности землетрясений только для грунтовых условий 2-й категории и с разными усредненными значениями периода повторяемости для каждой интенсивности. При этом значение периода повторяемости землетрясений в сейсмических картах А, В, С зависит от значения указанной интенсивности землетрясений по следующему правилу: при 7-балльных землетрясениях период повторяемости (Т) равен 500 годам, при 8-балльных – 1 тыс. лет, при 9-балльных – 5 тыс. лет.

Поэтому вышеприведенные расчеты по формуле (2) магнитуд землетрясений в зависимости от интенсивности землетрясений из ОСР-2015 позволяют их использовать для соответствующего сравнения со значениями магнитуд землетрясений и их повторяемости из вышеприведенной статистики периода всплеска активности землетрясений

Сводная таблица землетрясений с 2000 по 2017 г.
Summary table of earthquakes from 2000 to 2017

Магнитуда	2000 г. 2001 г.	2002 г. 2003 г.	2004 г. 2005 г.	2006 г. 2007 г.	2008 г. 2009 г.	2010 г. 2011 г.	2012 г. 2013 г.	2014 г. 2015 г.	2016 г. 2017 г.
8+	1 1	0 1	2 1	2 4	0 1	1 1	2 2	1 1	0 1
7–7,9	14 15	13 14	14 10	9 14	12 16	23 19	12 17	11 18	16 6
6–6,9	146 121	127 140	141 140	142 178	168 144	150 185	108 123	143 127	130 104
5–5,9	1344 1224	1201 1203	1515 1693	1712 2074	1768 1896	2209 2276	1401 1453	1574 1419	1550 1455
Количество жертв	231 21357	1685 33819	298101 87992	6605 708	88708 1790	226050 21942	1401 1572	756 9624	нет нет

на территориях разных стран. Конечно, основной здесь профессиональный интерес состоит в том, чтобы определить соответствие (несоответствие) значений периодов повторяемости землетрясений из данных ОСР-2015 и из указанной выше в статье статистики реальных землетрясений.

Так как наибольшую опасность для людей создают землетрясения с максимальной магнитудой, с сопоставления основных характеристик землетрясений с магнитудами $M = 7$ начнем данный анализ. Так, согласно расчетным данным в формуле (2) в эпицентральной части на грунтах 2-й категории 9-балльные интенсивности способны создавать землетрясения с магнитудой $M = 7$. Согласно сейсмической шкале ОСР-2015-С при 9-балльной интенсивности усредненный период повторяемости землетрясений равен 5 тыс. лет. Из вышеприведенной статистики реальных землетрясений следует, что за время с 1948 г. по 2011 г. произошло 35 сильных землетрясений с магнитудой $M \geq 7$ с усредненной повторяемостью примерно два года, а с магнитудой $M \geq 8$ произошло 15 землетрясений с усредненной повторяемостью примерно четыре года. Как видим, даже самые сильные землетрясения в Земле с магнитудой $M \geq 8$ на территориях разных стран за указанный период 63 года произошли с усредненной повторяемостью примерно четыре года. А в сейсмической шкале ОСР-2015-С землетрясения с такой магнитудой происходят почему-то через 5 тыс. лет.

В сейсмической карте ОСР-2015-В предусмотрены интенсивность землетрясений 8 баллов с усредненной повторяемостью 1 тыс. лет. Согласно расчетным данным по формуле (2) такую интенсивность на поверхности Земли могут создавать землетрясения с магнитудой $M \geq 6,4$. Так, например, на Кавказе с 1961 по 1970 гг. произошло четыре землетрясения с магнитудой $M \geq 6,4$ с усредненной повторяемостью примерно три года [9]. При этом автор статьи не гарантирует пропуски в учете сильнейших землетрясений на континентах Земли. Как видим, при сравнении значений усредненной повторяемости землетрясений из комплекта сейсмических карт ОСР-2015 с усредненными значениями повторяемости реальных землетрясений за время с 1948 г. по 2011 г. следует, что расчетные нормативные значения повторяемости землетрясений больше соответствуют периоду затишья землетрясений на Земле.

Оценивая статистику сильных землетрясений с 1948 г. и по 2011 г. на территории бывшего СССР можно заключить, что при 26 землетрясениях с огромной магнитудой $M \geq 7$ (без учета многих более слабых землетрясений) и с усредненной их повторяемостью примерно через два года и при гибели почти всего населения в двух населенных пунктах (Се-

веро-Курильск в 1952 г., Нефтегорск в 1995 г.) этот сейсмический процесс следует признать всплеском высокой активности землетрясений. Именно поэтому так же следует признать, что указанные в ОСР-2015 нормативные значения повторяемости землетрясений через 500, 1 тыс., 5 тыс. лет для сейсмоопасных территорий регионов России можно признать только как для периода затишья землетрясений, характеристики землетрясений которых не должны учитываться в расчетах строительных объектов населенных пунктов.

Например, некоторые чиновники в Волгограде считают, что в настоящее время еще рано строить дорогие сейсмостойкие жилые здания в городе, так как по нормативной сейсмической карте ОСР-2015-В сильное землетрясение здесь будет только через 1 тыс. лет.

Выводы

Статистику землетрясений за период времени с 1948 г. по 2011 г. следует признать очередным периодом всплеска сейсмической активности землетрясений на территории ряда стран по следующим их основным техническим характеристикам и катастрофическим последствиям на территории СССР (России):

- произошло три землетрясения с самыми максимально возможными магнитудами $M \geq 9$ в Земле;
- произошли 15 землетрясений с магнитудой $M \geq 8$ с усредненной повторяемостью примерно через четыре года, а с магнитудой $M \geq 7$ – 35 землетрясений с усредненной повторяемостью примерно через два года;
- погибла большая часть населения сразу в двух населенных пунктах:

Северо-Курильске (1952 г.) и Нефтегорске (1995 г.).

На территории СССР с 1952 г. по 1969 г. произошло 6 землетрясений с магнитудой $M \geq 8$ с усредненной повторяемостью примерно через три года, а с 1948 г. по 2003 г. произошло 20 землетрясений с $M \geq 7$ с усредненной повторяемостью примерно через три года.

Из сравнения значений усредненных повторяемостей землетрясений по данным ОСР-2015 и по статистике реальных землетрясений на территории бывшего СССР (РФ) с 1948 г. и по 2011 г. следует, что значения повторяемости землетрясений по ОСР-2015 соответствуют характеристикам землетрясений только из периода их длительного затишья, характеристики землетрясений которых недопустимо использовать для расчетов строительных объектов населенных пунктов.

Сейсмическую опасность землетрясений (интенсивность и повторяемость) для территорий насе-

ленных пунктов следует определять только с учетом данных последнего периода всплеска активности землетрясений на территории России.

Для обеспечения жизнеспособности населенных пунктов за время 1 тыс. лет и более следует все их капитальные строительные объекты рассчитывать только на максимальные интенсивности землетрясения с учетом их данных из последнего периода всплеска активности землетрясений на территории России.

При отсутствии данных о прошедшей активности землетрясений для отдельных территорий России значение повторяемости землетрясений следует принимать равным через 100 лет для максимальной их интенсивности.

Для обязательной оценки положительного влияния сроков эксплуатации зданий на экономические их показатели следует предусмотреть коэффициент экономической эффективности ($K_{ЭК.ЭФФ}$), который определяется делением стоимости 1 м² жилой пло-

щади на срок эксплуатации жилого дома, или стоимости 1 м² общей площади общественного здания на срок его эксплуатации.

Катастрофические последствия в Турции, Сирии в феврале 2023 г. при землетрясении еще раз подтвердили, что жилые и общественные здания населенных пунктов в сейсмоопасных районах следует рассчитывать учитывая максимальную интенсивность землетрясения за период 1 тыс. и более лет.

References

1. Maslyayev A.V. Author's paradigm of the Russia construction system *Zhilishchnoe Stroitelstvo* [Housing Construction]. 2020. No. 1–2, pp. 65–71. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.316590044-4472-2020-1-2-65-71>
2. Aptikaev F.F. Instrumentalnaya shkala seismicheskoy aktivnosti [Instrumental scale of seismic intensity]. Moscow: Nauka i Obrazovanie. 2012. 176 p.
3. Travush V.I., Shapiro G.I., Kolchunov V.I., Leontiev E.V., Fedorova N.V. Design the protection of large-panel buildings against progressive collapse *Zhilishchnoe Stroitelstvo* [Housing Construction]. 2019. No. 3, pp. 40–46. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-3-40-46>
4. Hhain V.E., Lomize M.G. Geotektonika osnovami geodinamiki [Geotectonika with geodynamics bases]. Moscow: MGU, 1995. 480 p.
5. Yudakhin F.N., Shchukin Yu.K., Makarov V.I. Glubinoe stroenie i sovremennye geodinamicheskie protsessy v litosfere Vostochno-Evropееiko platform [Deep structure and modern geodynamic processes in a lithosphere of the East European Platform]. Ekaterinburg: UrO RAN. 2003. 300 p.
6. Steinberg V.V. Ground vibrations during earthquakes. *Sources and impact of destructive seismic vibrations. Engineering questions Neural seismology*. Moscow: ANSSSR. Inst. of Physics of the Earth. O.Y. Schmidt. 1990. Issue. 31, pp. 47–67.
7. Maslyayev A.V. Seismozashita zdaniy v naselennykh punktakh dlya sokhraneniya zhizni i zdorovya lyudei pri zemletryaseni [Seismic protection of buildings in settlements to of Russia for preserve the life and health of people during an earthquake, flood.], flood. Moscow: Pero. 2022. 286 p.
8. Umnyakova N.P., Shubin I.L. On the problem of revising the Code of Rules SP 131.13330 "Construction Climatology" in a changing climate. *Zhilishchnoe Stroitelstvo* [Housing Construction]. 2021. No. 6, pp. 3–10. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-6-3-10>
9. Novyy katalog silnykh zemletryaseny na territorii SSSR s drevneyshikh vremen do 1975 g. [New

- строительство. 2021. № 6. С. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2021-6-3-10>
- Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977. 536 с.
 - Корчинский И.Л., Бородин Л.А., Гроссман Б.А. и др. Сейсмостойкое строительство зданий. М.: Высшая школа. 1971. 320 с.
 - Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий. М.: Высшая школа, 1969. 336 с.
 - Масляев А.В. Строительная система России не признает воздействия повторных землетрясений на строительные объекты // *Американский научный журнал*. 2020. № 38. С. 41–49. DOI: 10.31618/asi.2707-9864.2020. 1/38/12
 - Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. Масштаб 1: 8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: М-во науки и технологий РФ. РАН. Объединенный институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, 1999.
 - catalog of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975]. Moscow: Nauka. 1977. 536 p.
 - Korchinsky I.L., Borodin L.A., Grossman B.A. and others. Seysmostoykoye stroitelstvo zdaniy [Earthquake-resistant construction of buildings. Moscow: Vyshaya shkola. 1971. 320 p.
 - Polyakov S.V. Seysmostoykiye konstruksii zdaniy [Earthquake-resistant structures of building structures]. Moscow: Vyshaya shkola. 1969. 336 p.
 - Maslyayev A.V. Russia construction system does not recognize the Impact of repeated earthquakes on construction sites. *America Scientific Journal*. 2020. No. 38, pp. 41–49. (In Russian). DOI: 10.31618/asi.2707-9864.2020. 1/38/12
 - Ulomov V.I., Shumilina L.S. The Complete set of cards of the general seismic division into districts of territory of Russian Federation OSR-97. Scale 1: 1: 8000000. An explanatory note and the list of cities and the Settlements located in seismodangerous areas. Moscow: Ministry of a science and technologies of the Russian Federation. RAN. Incorporated institute of physics of the Earth of O. Yu. Schmidt. 1999.

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

ПРАВИТЕЛЬСТВО УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

СОЮЗ «ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ»

АДМИНИСТРАЦИЯ ГОРОДА ИЖЕВСКА

СОЮЗ СТРОИТЕЛЕЙ УР

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР ФОРУМА

УДМУРТСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КЛАСТЕР

ОРГАНИЗАТОР

УДМУРТИЯ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

УМ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ГОРОД XXI ВЕКА

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ:

- Строительные технологии • Строительные и отделочные материалы • Инструмент • Бытовое и промышленное климатическое оборудование • Дизайн и архитектура
- Технологии для сферы ЖКХ и благоустройства территории
- Всё для освещения и энергосбережения
- Мебель и деревообработка • Новостройки • Банковские услуги • Услуги строительно-монтажных работ, по дизайну интерьера и декорированию

ФОРУМ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

12-14 апреля/ 2023 / Ижевск

16+

ПРИГЛАШАЕМ К УЧАСТИЮ!

БРОНИРОВАНИЕ СТЕНДОВ: 8-912-856-13-93
evgenia@vcudm.ru | сайт форума: stroy-udm.ru

УДК 728.03

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-28-35>

П. В. ПАНУХИН, канд. архитектуры (panuh@mail.ru)

Московский архитектурный институт (Государственная академия) – МАРХИ (107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11)

Формирование макроструктуры городов-крепостей Таврического полуострова в период II в. до н. э. — середины XV в.

Приведены периоды формирования сети городов, крепостей, портов и факторий Таврического (Крымского) полуострова. Рассмотрен период эволюции пространства Крыма начиная со времени античного Понтийского государства царя Митридата Евпатора VI. Освещаются периоды позиционирования Таврики как провинции Римской, а впоследствии Византийской и Османской империй. Сделан акцент на позиционировании русско-го влияния в Таврике, связанного с походом князя Олега на Константинополь. На основе анализа эволюции сложения сети городов Крыма автор приходит к выводу, что города османского домена, на которых проживало христианское население, остались вне юрисдикции турецкого султана и крымских ханов. Вместе с тем единого хозяина полуострова не было вплоть до середины XVI в., когда турки стали активно строить на этой территории свои крепости, опасаясь растущей мощи Московского государства.

Ключевые слова: город-крепость, Крепость Керчь, валганг, аппаратель, Виленский люнет, Минский люнет, Керченский пролив, Крымский мост, Крым, Черноморский бассейн, Россия, программа импортозамещения.

Для цитирования: Панухин П. В. Формирование макроструктуры городов-крепостей Таврического полуострова в период II в. до н. э. — середины XV в. // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 28–35. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-28-35>

P. V. PANUKHIN, Candidate of Architecture (panuh@mail.ru)

Moscow Institute of Architecture (State Academy) – MARKHI (11, Rozhdestvenka Street, 107031, Moscow, Russian Federation)

Formation of the Macrostructure of the Fortress-Cities of the Tauride Peninsula in the Period of the II Century BC. — Middle of the XV Centuries

The periods of formation of the network of cities, fortresses, ports and trading posts of the Tauride (Crimean) peninsula are given. The period of evolution of the Crimean space is considered since the time of the ancient Pontic State of Tsar Mithridates Eupator VI. The periods of the positioning of Taurica as a province of the Roman, and later the Byzantine and Ottoman Empires are highlighted. The emphasis is placed on the positioning of Russian influence in Taurica, associated with Prince Oleg's campaign to Constantinople. Analyzing the formation of the Crimean city network, the author comes to the conclusion that the cities of the Ottoman domain, where the Christian population lived, remained outside the jurisdiction of the Turkish Sultan and the Crimean khans. At the same time, there was no single owner of the peninsula until the middle of the XVI century, when the Turks began to actively build their fortresses on this territory, fearing the growing power of the Moscow State.

Keywords: fortress city, Kerch Fortress, Valgang, ramp, Vilna lunette, Minsk lunette, Kerch Strait, Crimean Bridge, Crimea, Black Sea basin, Russia, import substitution program.

For citation: Panukhin P. V. Formation of the macrostructure of the fortress-cities of the tauride peninsula in the period of the II Century BC. — middle of the XV centuries. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 28–35. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-28-35>

Древнегреческий и римский историк Полибий (ок. 200–120 гг. до н. э.) в своей знаменитой сорокатормой «Истории» задолго до античного историка и географа Страбона (ок. 64/63–23/24 гг. н. э.) обратил свой взор к Таврике (Крыму) и Северному Причерноморью. Земли тавров, меотийцев, колхов и иберийцев, лежащие здесь, привлекали его внимание как важная территория античной Ойкумены. Полибию удалось достаточно подробно описать характер городов и поселений Таврики в период своего римского пленения с 166 до 150 г. до н. э. и привязать эти города к местности. Впоследствии по его описаниям

была составлена карта земель, называемых римлянами Сарматией.

Впервые карта Сарматии Азиатской (Sarmatia Asiaticum) вошла в атлас «Театр Земного Круга» (Theatrum Orbis Terrarum) Абрахама Ортелиуса (Abraham Ortelius) в 1564 г. (рис. 1). Карта представляла собой вырезанный из глобальной проекции широтно-меридиональный сектор, ограниченный с 61-го по 88-й градус северной широты по горизонтали и с 47-го по 61-й градус долготы по вертикали. В левом нижнем углу карты показаны земли Северного Причерноморья с прибрежными таврскими и сарматскими



Рис. 1. Карта Сарматии Азиатской (Tabula Sarmatia), выполненная по описаниям Полибия в 1764 г. в Амстердаме. Из атласа «Театр Земного Круга» Абрахама Ортелиуса

Fig. 1. The map of Sarmatia Asiatica (Tabula Sarmatia), made according to the descriptions of Polybius in 1764 in Amsterdam. From the Atlas «Theater of the Earthly Circle» by Abraham Ortelius

ми степями, странами Таврикой Херсонесской, Сарматией, Колхидой и Иберией и обозначены массивы Кавказских гор (Канафус) на востоке и холмистой Кубанской гряды (Копа). В бассейне Меотийского озера (Азовского моря) были прорисованы русла крупных рек Танаис (Дон) и Копа (Кубань) и указаны местоположения крупных городов: Фанагория (Тамань), Танаис (Азов), Азун (Ейск). Естественным образом на карте смешались античные греческие, римские и даже поздние византийские и турецкие топонимы. Судя по карте Ортелиуса, в представлении Полибия граница между западной (европейской) Сарматией и восточной (азиатской) Сарматией проходила по р. Танаис (Дон). Крымский полуостров (Таврику Херсонесскую) в своих описаниях Полибий называет «ключом к Сарматии», тем самым придавая ей исключительно важное значение в Северном Причерноморье [1–10].

Особую роль в истории и позиционировании Тавриды как мощного доминиона уже всего Причерноморья сыграл легендарный понтийский царь Митридат VI Евпатор (132–63 гг. до н. э.) – наследник Ахеменидов и Селевкидов. При нем эллинистическое государство, занимавшее северную часть Малой Азии, а затем Западное Закавказье и земли по обе стороны Керченского пролива, достигло наивысшего расцвета. Трижды он направлял свои войска в Тавриду с целью предотвратить захват скифами Херсонеса, а также для подавления восстания скифов под руководством Савмака в Пантикапее. Позднее уже отсюда Митридат пытался организовать очередной поход на Рим (Третья Митридатова война).

Боспорское царство, столицей которого уже тогда был город Пантикапей (рис. 2), представлялось срав-

нительно небольшим и объединяло греческие города-колонии Феодосию, Тиритаку, Фанагорию, Горгипию, Мирмекий, Илурад и еще около двух десятков малых поселений по обе стороны Боспора Киммерийского (Керченского пролива). Когда последний боспорский царь из династии Спартакидов отказался от власти в пользу Митридата, тот присоединил Боспорское царство к большому Понтийскому царству, объединив в единое государство практически все Причерноморье [8]. Возвышение Понтийского царства произошло еще до Митридата, когда в последнем десятилетии II в. до н. э. понтийцы спасли Херсонес от скифов. В то время Херсонес пребывал в критическом положении в силу того, что скифы периодически грабили его земли и подвергали город многочисленным осадам. Тогда в 195 г. до н. э. Понтийское войско наголову разбило лагерь скифов у стен Херсонеса и опасность осад была ликвидирована. Год спустя армия Понта взяла штурмом Пантикапей и Феодосию. После этого и Боспорские города, и Херсонес были включены в состав Понтийского царства.

Митридат расширил границы Понтийского царства в пять раз и сделал его самой мощной и процветающей державой Черноморского бассейна. На протяжении его царствования было осуществлено восемь крупных военных кампаний, включая два римских похода. За время военных действий Митридат детально изучил географию Средиземноморья, Причерноморья и Тавриды и создал своеобразную систему геополитического позиционирования своего государства, по сути, воздвигнув огромную империю, позволившую ему установить военно-политический баланс с могущественным Римом. Самое красноречивое наследие Митридата – это города и фортификационные сооружения (рис. 3), построенные и процветавшие в его эпоху, остатки которых сохранились до настоящего времени на территории Керченского полуострова.

Топонимика Крыма содержит много названий, хранящих память о Евпаторе VI Митридате. Крупнейший город западной части полуострова – легендарная античная Керкинитида – по воле Екатерины Великой в 1784 г. получил имя Евпатория, сменив собой османское название Гезлев [3]. Вдоль Киммерийской дороги на востоке Керченского полуострова тянется холмистая гряда на Керченском полуострове, именуемая Митридатов гребень. Одна из вершин этого гребня – гора Митридат (104 м над уровнем моря) является опознавательным орографическим символом Керчи, на который указывают все морские лоции. На ее верхней площадке в античное время размещался акрополь Пантикапея, а теперь расположен обелиск, посвященный освободителям города-героя в годы Великой Отечественной войны, и памятный знак в честь строительства Крымского моста. От централь-



Рис. 2. Руины столицы Понтийского царства царя Митридата Евпатора VI города Пантикапей. Фото автора, 2020

Fig. 2. Ruins of the capital of the Pontic Kingdom of King Mithridates Eupator VI of the city of Pantikapeum, photo by the author, 2020

ной площади Керчи к горе проложена Митридатская улица, а на ее вершину ведет знаменитая Митридатова лестница, насчитывающая 418 ступеней и украшенная изваяниями мифических грифонов, сидящих у ее подножия. Античный период в позиционировании территории Крыма, продолжавшийся с времен греческой архаики и миновавший эпохи классицизма и эллинизма, завершился триумфом царства Митридата и продолжил свою историю уже в имперское римское время в I в. н. э.

С 80-х гг. I в. н. э. вплоть до начала IV в. территории Северного Причерноморья вместе с Таврическим полуостровом входили в сферу геополитических интересов Римской империи. Важнейшую стратегическую роль в военном позиционировании Рима в этой части мира играли города южного берега Таврики, который благодаря своему географическому положению и топографическим особенностям надежно защищал ее северо-восточные границы. Южный хребет Крыма, словно гигантская нерукотворная стена, отгораживал империю от скифских степей [11–12], а сам полуостров, который, как исполинский корабль, вышедший из гавани, выдвигался почти до середины моря, являлся идеальной крепостью, позволявшей держать под контролем всю черноморскую акваторию.

Главным форпостом римлян в Таврике стал Херсонес. Поселения береговой черты к востоку от него (до мыса Лукулл) и к западу (до мыса Ай-Тодор) были соединены дорогами и вместе образовывали протяженную фортификационную линию длиной более 60 км. В I в. н. э. на мысе Ай-Тодор римские легионеры построили крепость Харакс, а на обрыве береговой линии мыса Фиолент расположили наблюдательные башни.

Также были построены форпосты у входа в крупные гавани. Самыми важными морскими базами римлян в Таврике были гавани самого Херсонеса и Балаклавы. Их позиционирование и связь друг с дру-



Рис. 3. Карта крепостей Крыма по А.Л. Бертье-Делагарду, 1899
Fig. 3. Map of the fortresses of the Crimea according to A.L. Berthier-Delagarde, 1899

гом осуществлялись посредством системы мысовых маяков. На земли Понтийского царства, лежащие вокруг, а именно на хорошо защищенные территории, принадлежащие городам Каркинитиде (Евпатория), Партениту, Каффе (Феодосии), Пантикапею (Керчь) и Фанагории (Тамань), римляне не посягали, держа паритет в соответствии с мирным договором, заключенным еще с Митридатом.

Трагедия пришла со стороны материка. Неисчислимые полчища гуннов в 371–375 гг. захватили все Северо-Восточное Причерноморье, в том числе и Тавриду. Это был первый удар дикого нашествия, которое заполонило скифские земли и превратило в пыль Боспорское царство. Влияние гуннов, сарматов и Хазарского каганата на пространство Таврического полуострова было деструктивным [1]. Некогда цветущие таврические города лежали в руинах. Пространство Таврики превратилось в опустошенный кочевой конклав. Последующие две экспансии гуннов: в направлении Карпат, Балкан и Иллирии (430–440) и на Аппенины – в земли Галлии и Германии (441–450) – пришлись уже на города Западной Европы и довершили затяжной процесс распада великой Римской империи.

В 476 г. произошел окончательный раздел Римской империи на Западную (Священную) и Восточную – Византийскую. Таврический полуостров, вошедший в состав Византии, не утратил своей значимости не только как пограничная территория, призванная решать функцию безопасности нового государства, но и как сакральная земля. Таврида становится проводником христианских идей на северо-восток континента. Главным городом здесь выступает Херсонес (в византийской историографии его с V по VIII в. принято именовать Херсон (позднее – Корсунь) и Пантикапей (Керчь).

Святой апостол Андрей явился нести евангельские истины людям именно в этих местах. Святой Андрей стал называться Первозванным, потому что был призван первым из апостолов и учеников Иисуса

Христа. До последнего дня земного пути Спасителя он следовал за Ним как его первозванный апостол. После смерти Господа на кресте святой Андрей стал свидетелем Воскресения и Вознесения Христова. После Воскресения Иисуса Христа, в день Пятидесятницы в Иерусалиме произошло чудо сошествия Святого Духа в виде огненных языков на апостолов. Так, вдохновляемые Духом Божиим, апостолы получили дар исцелять, пророчествовать и способность говорить на разных наречиях о великих делах Господа. Двенадцать учеников Иисуса разделили между собой страны, куда они должны были нести евангельскую проповедь, обращая ее ко Христу. Святому Андрею выпали по жребию обширные земли Вифании и Пропонтиды с городами Халкидон и Византий, а также земли Фракии и Македонии, простирающиеся до Черного моря и Дуная, кроме того, земли Скифии и Фессалии, Эллады и Ахайи, города Аминс, Ираклия и Амастрида. Святой Андрей прошел эти города и страны, неся язычникам евангельскую проповедь. Первым поприщем его апостольского служения стали города Корсунь (Херсонес) и Пантикапей (Корчев, Керчь) на северном побережье Черного моря.

Учение Спасителя проповедовал в землях Тавриды один из самых твердых адептов веры, изгнанный из Рима третий епископ церкви Христовой, святой Климент. Он был сослан в Херсонес в 94 г. н. э. и построил в Инкерманских горах пещерный храм. На остатках этого храма в XVIII в. был основан монастырь и церковь Св. Климента Папы Римского, службы в которой проходят и по сей день.

Традиция пещерного храмостроительства быстро распространилась по всему Таврическому полуострову. По своей сути хорошо укрепленные пещерные храмы Таврики были не только катакомбными церквями страдавших за веру святых изгнанников, но и выполняли важную оборонительную функцию в продолжение практически всего византийского присутствия в Крыму. Вместе с тем византийцы строили и традиционные крепости башенно-куртинного типа, способные вмещать весьма многочисленные гарнизоны. Одной из таких фортеций явилась крепость Алустон (рис. 4), располагавшаяся на территории современной Алушты и впоследствии давшая городу свое имя [4].

Алустон был возведен в VI в. как форпост Византии на ее северо-восточных рубежах, контролировавший торговлю в центральной части Северного Причерноморья между мысом Ай-Тодор и Партенитом. По словам Прокопия Кесарийского, оставившего детальное описание крепости, «...она представляла собой мощное сооружение, способное выдержать любой штурм. Ее укрепления имели форму вытянутого треугольника, углы которого завершались тремя массивными

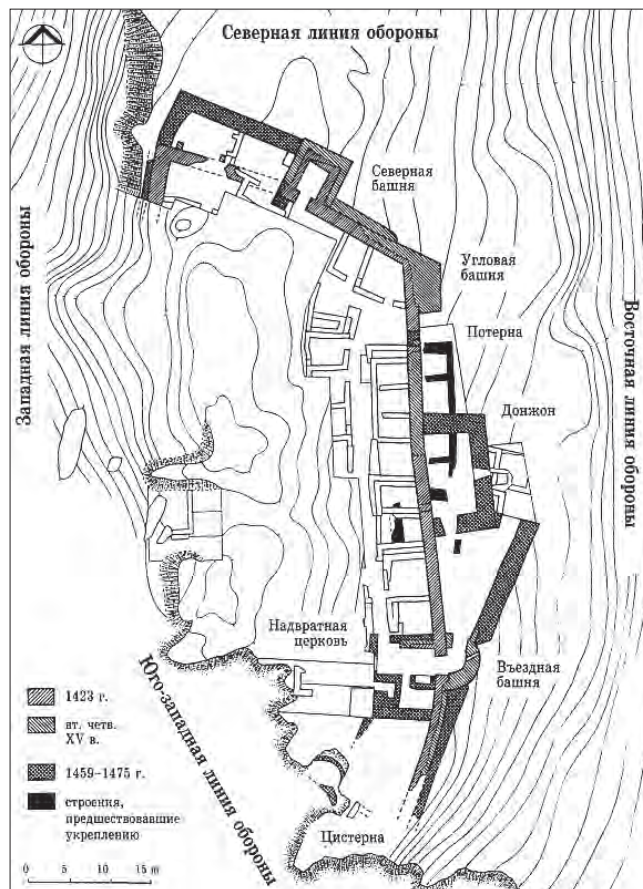


Рис. 4. Крепость Фуна. План VI–XV вв.

Fig. 4. Funa Fortress. Plan of VI – XV centuries

башнями высотой в пятьдесят греческих футов (около 15,5 м) каждая. Высота прясел (вертикальных плоскостей) стен, опоясывающих крепость, достигала почти тридцати шести греческих футов (около 11 м). Стены имели площадку верхнего боя, идущую по всему их периметру, для лучников и метателей и бойницы в нижней части стены для тяжелых орудий. Толщина стены убывала снизу вверх от десяти (3,1 м) до восьми футов (2,4 м). Гарнизон крепости составляли три с половиной сотни федератов (союзных наемников) из восточных готов, частью живших в самой крепости, а частью в северной долине в разбитом лагере» [7].

По описаниям Прокопия, византийцы имели на Таврическом полуострове более десятка крепостей (рис. 5–9). Самыми стратегически значимыми из них были старые, доставшиеся от римлян крепости на территории Херсонеса (Херсона) и его окрестностей, – Каламита (Инкерман) (рис. 9), укрепления Фиолента, крепость Харакс (мыс Ай-Тодор), а также заново отстроенные и модернизированные Каффа (Феодосия), Алистон (Алушта), Фуна (Демерджи), (рис. 10–12), Черкио (Керчь), Солдайя (Судак) и Керкинитиды (Евпатория) [7].

Тем временем кризис власти в самой империи привел к тому, что в VI в. Константинополю стало



Рис. 5. Крепость Фуна. Руины Въездных ворот, фрагмента стены и башни 1024 г.

Fig. 5. Funa Fortress. Ruins of the Entrance gate, a fragment of the wall and the tower of 1024

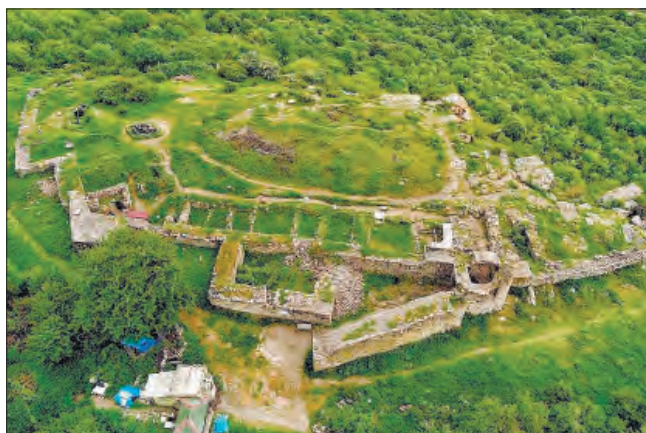


Рис. 6. Крепость Фуна. Общий вид, фото 2011

Fig. 6. Funa Fortress. General view, photo 2011

трудно управлять отдаленными провинциями, в число которых входила и Таврика. Наемные гарнизоны таврических крепостей, лишённые жалованья, стали покидать полуостров.

Вскоре, несмотря на некогда мощно укрепленную линию побережья, византийцы вынуждены были уйти сначала из Восточного Крыма, а затем и с Юго-Западного побережья. Крепости были брошены, чем вскоре воспользовались хазарские племена, которые почти без всякого сопротивления присоединили часть крымских земель к сфере влияния своего каганата. Наемные федераты, большей частью вербуемые из вестготов, вернулись в крепости и продолжили нести гарнизонную службу уже под началом хазарских посаженных воевод.

Экспансия Таврического полуострова хазарами происходила постепенно и растянулась на три столетия. К концу VI в. Таврический полуостров был покорен ими почти полностью и Таврика стала частью государства Хазарский каганат.

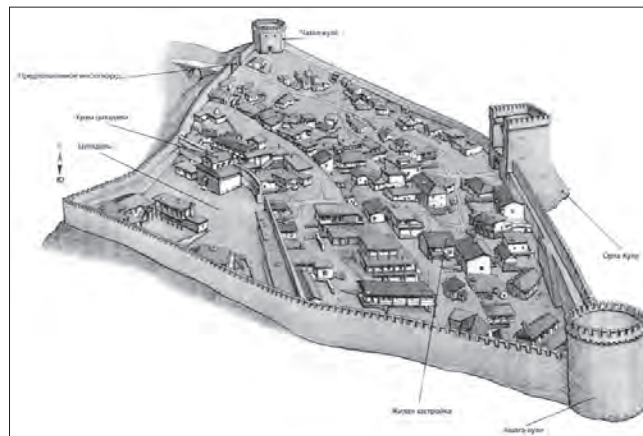


Рис. 7. Крепость Алустон (Алушта). Аксонометрическая реконструкция XV в.

Fig. 7. Aluston Fortress (Alushta). Axonometric reconstruction on XV



Рис. 8. Храм Св. Иоанна Предтечи. Пантикапей (Керчь). VIII в. Фото автора, 2020

Fig. 8. The Church of St. John the Baptist. Panticapaeum (Kerch). VIII. Photo by the author, 2020

Единственным непокоренным городом Крыма остался Херсонес. Поначалу это обстоятельство вполне устраивало Константинополь и очень льстило самолюбию императора. Вместе с тем город был отрезан от доминиона и фактически находился в блокаде. В конце концов, так и не дождавшись византийской помощи, городской совет решает действовать самостоятельно, и в 705 г. Херсонес отделяется от Византии, тем самым признавая власть Хазарского каганата. В ответ на это предательство Константинополь снаряжает флот, призванный выполнить карательную функцию. В 710 г. на херсонесский берег высаживается византийский десант и восстание жестоко подавляется. В городе устанавливается прежняя власть под началом посаженного Константинополем протектора. Однако, несмотря даже на процедуру децимации (казнь каждого десятого жителя), дух горожан остался несломленным. Лишь только каратели покинули город, как в Херсо-

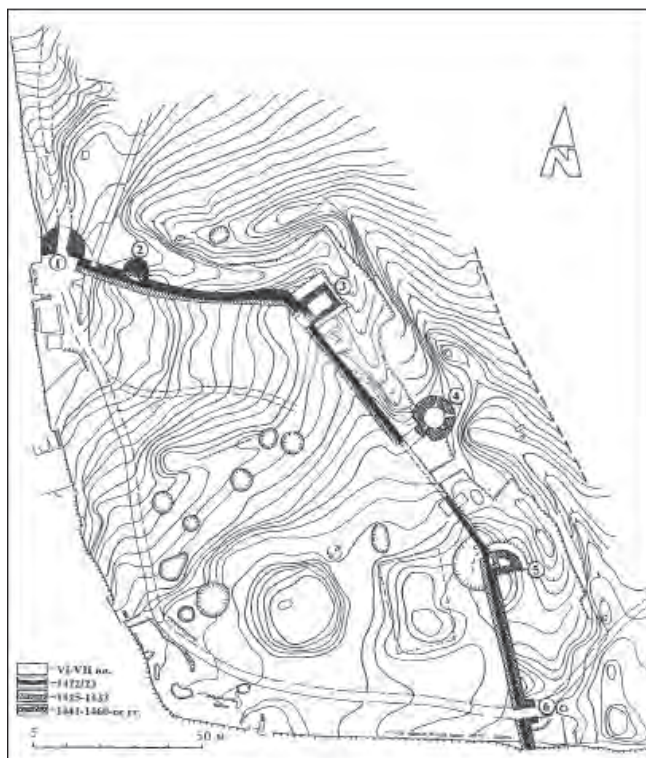


Рис. 9. Крепость Каламита. План слоев VI–XV вв.
Fig. 9. Kalamita Fortress. Plan of layers of the VI–XV centuries

несе снова возник бунт. Удивительно, но весь византийский протекторат вместе с войском принял сторону восставших. Создав коалицию с хазарами, войска и горожане выступили против Константинополя, в результате чего город был взят на штурм, после чего херсонесцы посадили на престол своего императора.

В VIII в. в Византии начались преследования христиан и широко распространилось иконоборчество: уничтожались храмовые росписи, сжигались иконы, многие иереи изгонялись из храмов. Спасаясь от преследований, священнослужители и монашествующие переселялись на окраины империи, в том числе и в Тавриду. В самых различных местах Крыма ими были построены и освящены монастыри и храмы: храм Св. Иоанна Предтечи в Пантикапее (рис. 8), Св. Ап. Андрея Первозванного в Херсонесе, Успенский пещерный монастырь, монастыри в горах Качи-Кальон, Челтер, Шулдан. Православие стремительно распространялось по земле Тавриды.

В первом десятилетии X в. начинается эпоха позиционирования русских интересов в Причерноморье.

В 907 г. киевский князь Олег дал обет взять на штурм столицу Византии и снарядил 2000 лодей, по 40 воинов в каждой, для похода на Константинополь, именуемый на Руси Царьградом. Царьградская стража, увидев со своих кордонных башен эту огромную флотилию, плывущую по Босфору, в страхе бежала. Византийский император Лев VI приказал закрыть ворота города, а гавань загородить цепями, тем самым



Рис. 10. Генуэзская крепость. Судак, Общий вид с юго-востока
Fig. 10. Genoese Fortress, Sudak, General view from the southeast

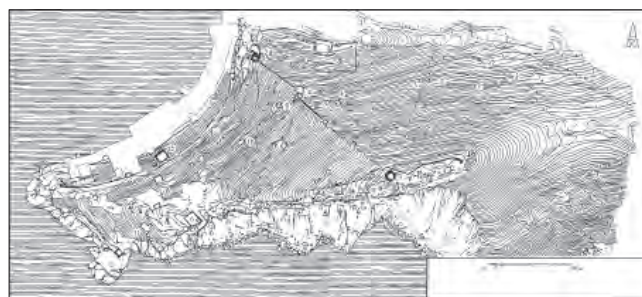


Рис. 11. Генуэзская крепость Чембало (Балаклава). Топографический план
Fig. 11. Genoese Fortress of Cembalo (Balaklava). Topographic plan

вынуждая нападавших спешиться на берег и стать лагерем вдали от крепостных стен. Тогда Олег приказал своей дружине сделать из дубовых чурбаков колеса, поставить на них лодьи и, распустив паруса, двинуться на город. Напуганный император предложил Олегу заключить мирный договор и заплатить огромную дань. Согласно договору Олег получил по дюжине золотых за каждое весло, а Византия обязалась платить дань русским городам в течение сорока лет. В знак победы Олег, прозванный за выполнение обета Вещим, прибил свой щит к воротам Царьграда (рис. 13). Главным результатом похода стал торговый договор о беспошлинной торговле Руси на территории Византийской империи [9].

Спустя четыре года князь Олег отправил в Царьград посольство, которое подтвердило соглашение 907 г. и заключило новый договор. Олег именуется в договоре «Великим князем русским». Подлинность Договора 911 г. подтверждается как византийскими, так и западными латинскими источниками. В 961 г. киевский князь Святослав Игоревич окончательно разгромил Хазарский каганат. В 988–989 гг. Святой равноапостольный князь Владимир взял Херсонес (Корсунь), где и принял православную христианскую веру и крестил Святую Русь.

В 1238, 1243 и 1249 гг. в Таврику совершала опустошительные набеги Золотая Орда. Татаро-монголы не ставили своей целью экспансию городов полуострова. В сферу их интересов входили лишь сбор

дани и банальный грабеж. Хан Золотой Орды Батый включил Таврику в состав Крымского юрта. Постепенно произошел процесс ассимиляции части ханского войска в состав местного населения и ордынцы осели на территории полуострова. В середине XIII в. они захватили Солхат, который стал столицей Крымского юрта Золотой Орды. Солхат, получив название Крым, стал резиденцией эмира полуострова. Посол египетского султана – Байбарза, возглавлявший дипломатическую миссию 1263 г. в Золотую Орду к хану Берке, сообщал, что в городе живут аланы и кыпчаки. Многоязычие народов Таврики того времени предопределило то обстоятельство, что в период господства Золотой Орды город имел два названия одновременно. Ордынцы и степные кыпчаки называли город Крым. Итальянцы же (в основном генуэзцы), владевшие южным побережьем Тавриды и использовавшие его как удобный перевалочный пункт, лежащий посреди торговых путей, именовали его Солхат. Наименование города Крым (от западно-кыпчакского *qırım* – окоп, ров) распространилось впоследствии и на весь полуостров, который до этого традиционно именовали Таврика или на тюркский манер – Газария.

Солхат достиг своего расцвета в середине XIV в., когда он стал крупным торговым центром на Великом Шелковом пути из Азии в Европу. В то время ордынское влияние сильно ослабло. Территория Орды уменьшилась, перестал существовать Крымский юрт, полуостров отделился от Золотой Орды, и было образовано Крымское ханство. Столицу сначала перенесли в Кырк-Ер, а затем во вновь построенный Бахчисарай. После завоевания в 1475 г. османами генуэзских колоний название Солхат ушло из обихода. Во времена Крымского ханства город стали называть Эски-Кырым (от крымско-татарского *Eski Qırım* – Старый Крым). Современная русская транскрипция является калькой с этого имени и употребляется с конца XVIII в.

В 1270-х гг. на южное побережье проникают сначала венецианские, а затем и генуэзские негоданты. Генуэзцы позиционируют свои интересы в Таврике созданием мощных факторий, состоящих из городской жилой и рыночной частей, крупного порта с удобной гаванью, системы удобных транспортных путей и, наконец, хорошо укрепленной крепости-цитадели, где под охраной мощных стен и башен находились склады для хранения товаров, размещалось наемное войско и дома знати. Неудивительно, что фактории занимали самые лучшие места и бухты Таврического побережья. Большая часть крепостей генуэзцев представляла собой перестроенные старые крепости византийского и даже римского времен. Самыми крупными генуэзскими крепостями Крыма являлись (рис. 10–12): Каффа (Феодосия), Солдайя (Судакская крепость), Черкио (Пантикапей, Керчь), Алустон (Алушта), Ялус (Ялта),



Рис. 12. Крепость Каффа (Феодосия). Общий вид с южной стороны
Fig. 12. Kafa Fortress (Feodosia). General view from the south side



Рис. 13. Ф.А. Бруни. Князь Олег прибавляет щит к воротам Царьграда. Гравюра, 1839
Fig. 13. F.A. Bruni. Prince Oleg nails a shield to the gates of Tsargrad. Engraving, 1839

Чембало (Балаклава). До прихода османов, т. е. до 1453 г., дож Генуэзской республики лично назначал консула для управления факториями Северного Причерноморья. В документах того времени консула называли не иначе как «Глава Каффы и всего Великого (Черного) моря». Каффа являлась столицей северочерноморских колоний генуэзцев [6]. Здесь располагался попечительский совет при консуле, который, в свою очередь, назначал провизоров (попечителей) в каждую из факторий. Провизор выполнял функции градоначальника и имел право назначить прокурора, 16 судей (синдиков), двух управляющих финансами (массариев), военного начальника города (претора), командира наемного войска, полицмейстера и базарного пристава. Весь этот чиновничий штат управлял в основном торговыми делами факторий; проблемы же, связанные с городским хозяйством, интересовали команду провизора в значительно меньшей степени.

Генуэзское позиционирование Крыма продолжалось до середины XV в., вплоть до того времени,

когда появились первые предпосылки для османской колонизации полуострова [5]. После завоевания турками северочерноморских земель, в 1475 г., по указу султана была создана новая провинция Османской империи Санджак, включавшая в себя часть береговой территории Крыма от Евпатории до Судака. Дольше всех держались фактории в проливе Ени-Кале, которыми управлял генуэзский провизор, князь Захария де Гизольфи, но в 1482 г. турки установили свой протекторат и над Еникальским проливом, расширили свой домен и переименовали крымскую провинцию в Вилайет Кефе. Однако земли османского домена, на которых проживало христианское население, остались вне юрисдикции турецкого султана и крымских ханов. Великое море генуэзцев (Mare Majus) на 300 лет формально стало внутренним морем Османской империи. Вместе с тем единого хозяина Крыма не было вплоть до середины XVI в., когда турки стали активно строить здесь свои крепости, опасаясь растущей мощи Московского государства.

Список литературы

1. Артамонов М.И. История хазар. Л.: Наука, 1976. 342 с.
2. Домбровский О.И., Махнева О.А. Столица феодоритов / Под общ. ред. С.Н. Бибикова. Симферополь: Таврия, 1973. 364 с.
3. Драчук В.С., Кара Я.Б., Челышев Ю.Б. Керкinitида – Гезлев – Евпатория. Сер. Археологические памятники Крыма. Симферополь: Таврия, 1977. 212 с.
4. Когонашвили К.К., Махнева О.А. Алустон и Фуна. Сер. Археологические памятники Крыма. Симферополь: Крым, 1971. 172 с.
5. Колли Л.П. Извлечение из сочинения Вильгельма Гейда: История торговли Востока в средние века (Колонии на северном побережье Черного моря. Конец западных колоний северного побережья Черного моря) // *Известия Таврической ученой архивной комиссии (ИТУАК)*. Симферополь, 1915. № 52.
6. Колли Л.П. Кафа в период владения ею банком св. Георгия (1457–1477) // *Известия Таврической ученой архивной комиссии (ИТУАК)*. 1912. № 47. С. 72–96.
7. Кутайсов В.А. Керкinitида. Сер. Археологические памятники Крыма. Симферополь: Таврия, 1992. 172 с.
8. Марченко И.Д. Город Пантикапей. Сер. Археологические памятники Крыма. Симферополь: Таврия, 1974. 194 с.
9. Памятники дипломатических сношений с Крымскою и ногайскою ордами и с Турцией / Под ред. Г.Д. Карпова // *Сборник императорского исторического общества*. 1884. Т. 41. 518 с.
10. Панухин П.В. Пространство и время на картах Крыма. М.: Архитектура-С, 2020. 455 с.
11. Панухин П.В. Новая концепция использования жилого пространства исторических подземных казематированных казарм в Крепости Керчь // *Жилищное строительство*. 2022. № 11. С. 51–57. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-11-51-57>
12. Рыбаков Б.А. Геродотова Скифия: Историко-географический анализ. М.: Наука, 1979. 342 с.

References

1. Artamonov M.I. Istoriya khazar [History of the Khazars]. Leningrad: Nauka. 1976. 342 p.
2. Dombrovsky O.I., Makhneva O.A. Stolitsa feodoritov [The capital of the Feodorites]. Simferopol: Tavria. 1973. 364 p.
3. Drachuk V.S., Kara Ya.B., Chelyshev Yu.B. Kerkinitida – Gezlev – Evpatoriya [Kerkinitida – Gezlev – Yevpatoria]. Simferopol: Tavria. 1977. 212 p.
4. Kogonashvili K.K., Makhneva O.A. Aluston i Funa (Ser.: Arkheologicheskie pamyatniki Kryma) [Aluston and Funa]. Simferopol; Crimea. 1971. 172 p.
5. Kolli L.P. Extract from the work of Wilhelm Geid: The history of the trade of the East in the Middle Ages (Colonies on the northern coast of the Black Sea. *Izvestiya Tavricheskoi Uchenoi Arkhivnoi Komissii (ITUAK)*). Simferopol. 1915. No. 52. (In Russian).
6. Colli L.P. Kafa during her ownership of the Bank of St. George (1457–1477). *Izvestiya Tavricheskoi Uchenoi Arkhivnoi Komissii (ITUAK)*. Simferopol. 1912. No. 47, pp.72–96. (In Russian).
7. Kutaisov V.A. Kerkinitida (Ser.: Arkheologicheskie pamyatniki Kryma) [Kerkinitida]. Simferopol. Tavria. 1992. 172 p.
8. Marchenko I.D. Gorod Pantikapei (Ser.: Arkheologicheskie pamyatniki Kryma) [The city of Pantikapei]. Simferopol. Tavria. 1974. 194 p.
9. Pamyatniki diplomaticheskikh snoshenii s Krymskoyu i nogaiskoyu ordami i s Turtsiei Pod.red. G.D. Karpova [Monuments of diplomatic relations with the Crimean and Nogai hordes and with Turkey]. *Sbornik imperatorskogo istoricheskogo obshchestva*. Saint Petersburg. 1884. Vol. 41. 518 p. (In Russian).
10. Panukhin P.V. Prostranstvo i vremya na kaptah Kryma [Space and time on maps of the Crimea]. Moscow: Architectura-C. 2020. 464 p.
11. Panukhin P.V. A new concept of using the living space of historical underground casemated barracks in the Kerch Fortress. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 11, pp. 51–57. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-11-51-57>
12. Rybakov B.A. Gerodotova Skifiya: Istoriko-geograficheskii Analiz [Herodotova Scythia: Historical and geographical analysis]. Moscow: Nauka. 1979. 342 p.

УДК 72.01

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-36-40>

И.А. ПРОКОФЬЕВА, канд. архитектуры (archirina@mail.ru)

Московский архитектурный институт (Государственная академия) – МАРХИ (107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11)

Преимственность парадигмы «учитель – ученик – гений» в архитектурном образовании

Описана концепция педагогического метода подготовки архитектора, сформированная в архитектурной школе МАРХИ. Представлены методики и подходы выдающихся преподавателей МАРХИ, которые формировали основные принципы и методы подготовки архитекторов и которыми автор руководствуется в своей педагогической деятельности. Главные, основополагающие принципы, которые объединяют методики обучения искусству архитектуры, – заложить основы пространственного мышления, архитектурной композиции и образного видения, столь необходимые в профессии архитектора, научить работать как самостоятельно, так и в команде, уважать мнение коллег, принимать критику.

Ключевые слова: профессор, мастер, учитель, гений, архитектор, практик, теоретик, специалист, педагог, теория, практика, традиция, современность.

Для цитирования: Прокофьева И.А. Преимственность парадигмы «учитель – ученик – гений» в архитектурном образовании // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 36–40.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-36-40>

I.A. PROKOFIEVA, Candidate of Architecture (archirina@mail.ru)

Moscow Institute of Architecture (State Academy of Architecture) – MARKHI (11, Rozhdestvenka Street, Moscow, 107031, Russian Federation)

Continuity of the Paradigm “Teacher – Student – Genius” in Architectural Education

The concept of the pedagogical method of training an architect, formed in the architectural school of the Moscow Institute of Architecture (MARKHI), is described. The methods and approaches of some outstanding teachers of the MARKHI, who formed the basic principles and methods of training architects and which the author is guided by throughout his pedagogical activity, are presented. The main, fundamental principles that unite the methods of teaching the art of architecture are to lay the foundations for spatial thinking, architectural composition and figurative vision, which are so necessary in the profession of an architect, to teach how to work both independently and in a team, to respect the opinions of colleagues, to accept criticism.

Keywords: professor, master, teacher, genius, architect, practitioner, theorist, specialist, teacher, theory, practice, tradition, modernity.

For citation: Prokofieva I.A. Continuity of the paradigm “teacher – student – genius” in architectural education. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 36–40. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-36-40>

В профессиональном образовании в любой сфере деятельности определяющим фактором является личность педагога. Архитектурная профессия предъявляет особые требования к наставникам, ведь от результатов их работы зависят не только эстетические и функциональные особенности зданий, но и качество их физической безопасности, а также образность произведения, определяющая мировоззренческую сущность самого автора и людей, для которых его архитектура является средой обитания [1–4].

Одним из ярких представителей педагогической архитектурной плеяды 1970–1990-х гг. являлся Михаил Тимофеевич Козлов – архитектор, доцент кафедры «Основы архитектурного проектирования» МАРХИ (рис. 1). Как практикующий архитектор, он участвовал в разработке серии крупных конкурсных архитектурных проектов, в частности проекта реконструкции Тюменского камвольного комбината (1971),

Речного вокзала и гостиничного комплекса в Волгограде. В 1967 г. он был участником оформления международной выставки ЭКСПО в Монреале [5]. В МАРХИ М.Т. Козлов совместно с профессором И.В. Ламцовым, Л.М. Лисенко и А.А. Шадриним преподавал архитектурное проектирование на 1–2-м курсах. Следует отметить, что у М.Т. Козлова была авторская методика развития пространственного мышления у студентов. Он показывал, как можно из первоначальной формы создать множество архитектурных композиций, работая с деталями, фоном, ритмом, пропорциями и акцентами.

В процессе обучения М.Т. Козлов предлагал студентам выполнить серию абстрактных рисунков на темы дождя, ветра, бури, грозы, баланса, дисбаланса, статики, динамики и других мотивов для развития художественного и образного мышления. На протяжении тридцати пяти лет (1955–1989) он был



Рис. 1. Портрет Учителя. М.Т. Козлов. Автор И.А. Прокофьева, акварель, 2021 г.
Fig. 1. Portrait of the Teacher. M.T. Kozlov. Author Prokofieva I.A., watercolor, 2021

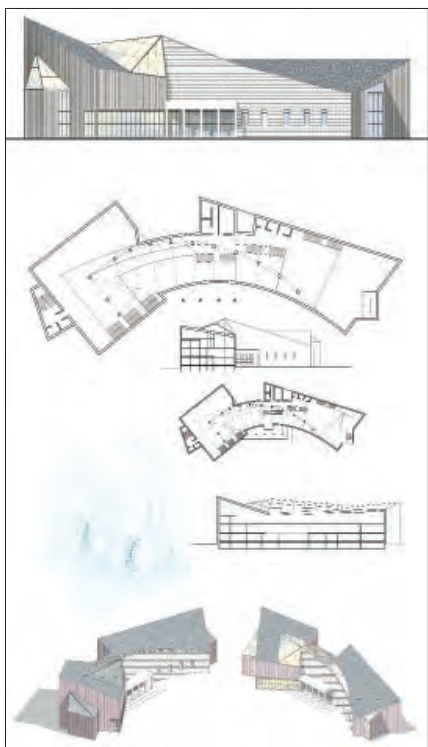


Рис. 2. Курсовой проект «Клуб авиаторов». Автор И.А. Прокофьева. Рук. Е.С. Пронин, Н.А. Федяева. 1990 г. В основе планировочной структуры проекта – летящая комета. Внутреннее пространство клуба объединяет сквозная галерея, которая освещается через стеклянный фонарь, устроенный в кровле особым образом.

Fig. 2. Course project «Aviators Club». Author Prokofieva I.A. Managers E.S. Pronin, N.A. Fedyayeva. 1990. The planning structure of the project is based on a flying comet. The internal space of the club is united by a through gallery, which is illuminated through a glass lantern arranged in a special way in the roof



Рис. 3. Подколокольный переулок. Автор И.А. Прокофьева, акварель, 1992 г.
Fig. 3. Podkolokolny Lane. Author Prokofieva I.A., watercolor, 1992

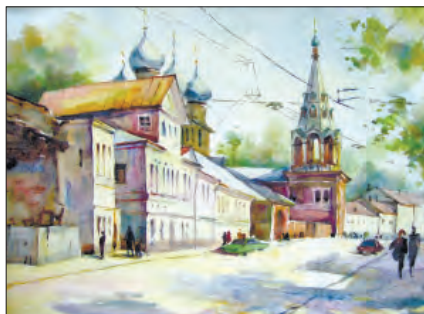


Рис. 4. Полянка. Москва. Автор И.А. Прокофьева, акварель, 1998 г.
Fig. 4. Polyanka. Moscow. Author Prokofieva I.A., watercolor, 1998



Рис. 5. Три поколения архитекторов: А.П. Кудрявцев, И.А. Прокофьева, Д. Гончарова. Консультация курсового проекта. 2022 г.
Fig. 5. Three generations of architects: Kudryavtsev A.P., Prokofieva I.A., Goncharova D. Consultation of the course project. 2022

бессменным руководителем головной детской студии Москвы – Центра творческого воспитания. Более трехсот воспитанников студии М.Т. Козлова впоследствии стали профессиональными художниками, скульпторами, реставраторами, архитекторами; лауреатами международных конкурсов в Германии, Японии, Индии. Педагогические методы обучения в детской студии отличались от методики преподавания в МАРХИ. Каждый ученик в студии, погружаясь в творческую атмосферу коллектива, тем не менее работал в своем направлении. Всегда существовали некие «генеральные» темы, но были и авторские задания, которые ученик выбирал для себя сам. Главная задача учителя – увидеть то направление, которое будет по душе ученику – человек должен сам выбрать свою тему, а техника – это вопрос времени. Он верил, что учитель может помочь ученику поверить в себя, поэтому основополагающим принципом обучения в студии было мотивированное поощрение. Михаил Тимофеевич относился с большим вниманием и уважением к идеям своих учеников, как самых юных студийцев, так и студентов. Как учитель, мастер, архитектор и педагог, он закладывал основы пространственного мышления, архитектурной композиции и образного видения, столь необходимые в профессии архитектора.

Выдающимся педагогом и организатором архитектурного образования был Евгений Семенович Пронин (1943–1998), – архитектор, профессор, с 1987 г. заведующий кафедрой «Архитектура жилых зданий» МАРХИ, в 1988–1989 гг. – ректор МАРХИ. Как архитектор, он участвовал в разработке девяти крупных конкурсных проектов в СССР и Алжире. В МАРХИ он вел группу архитектурного проектирования на 3–6-м курсах, чи-

тал лекции по проектированию жилых и общественных зданий.

Е.С. Пронин предлагал студентам освоить прикладное проектирование, изучить реальный участок, его подоснову, геологию и рельеф, которые станут основой, формообразующими факторами для студенческого проекта. Работа над проектом всегда сопровождалась выполнением макета как важной компоненты проектирования. На занятиях по проектированию он показывал, как разрабатывается идея, как она превращается в проект, мог увидеть гениальную искру в каждой зарисовке студента и показать, как из первичного наброска рождается проект (рис. 2). И в этом было его мастерство. Следует отметить, что Евгений Семенович каждый раз совершенно отчетливо видел в любом эскизе студента неординарную архитектурную концепцию и указывал направление развития данной идеи. Отношения «ученик – учитель» всегда выстраивались на доверии и уважении. Е.С. Пронин учил студентов важнейшей методике процесса развития проекта, от первоначальной идеи до итогового решения, воспитывал в них ответственность и осознание гражданственности профессии архитектора.

Надежда Александровна Федяева (1943–2002) – архитектор, профессор кафедры «Архитектура жилых зданий» МАРХИ. Практический опыт в архитектурном проектировании она получила, участвуя в разработке серии крупных конкурсных проектов, в частности проекта реконструкции здания Московского планетария (соавтор с М.О. Барщем, М.И. Синявским – 1975 г., НИС МАРХИ); индивидуальных секций для застройки района Сокольники (соавтор с А.Э. Гутновым, З.В. Харитоновой). Она написала ряд работ, посвященных теории, практике и методам формообразования на примере творчества мастеров отечественной и зару-

бежной архитектуры. В МАРХИ совместно с профессором Е.С. Прониным она внимательно отбирала учеников в группу архитектурного проектирования на третий курс обучения. Эти студенты считали себя «избранными» и гордились этим. Надежда Александровна могла без счета генерировать идеи и щедро делилась ими со своими учениками, при этом с уважением относилась к идеям студентов, помогая им совершенствовать личную, авторскую концепцию, научив самостоятельной работе и работе в составе творческого коллектива.

Александр Васильевич Рябушин (1931–2012) – академик, д-р архитектуры, профессор МАРХИ. Он, как ученый и руководитель НИИТАГ, занимался популяризацией современных тенденций зарубежной архитектуры и градостроительства, издал несколько монографий, посвященных мастерам отечественной и зарубежной архитектуры. В МАРХИ он читал курс лекций по советской и зарубежной архитектуре. С 1980 по 1999 г. Александр Васильевич – научный руководитель студенческих работ по специализации «Теория и история архитектуры» в МАРХИ. В 1999 г. в МАРХИ под его руководством автор защитила кандидатскую диссертацию «Пассаж как новый тип общественно-торгового сооружения Москвы XIX – начала XX в.». Рябушин был уникальной личностью, он увлекал за собой учеников в профессиональный мир творчества, научных идей и философии искусства новейшего времени. Формулируя основную цель современной архитектуры, он писал: «Радость бытия – думать о будущем и творить его... Это и есть предназначение нашей профессии» [1]. Александр Васильевич виртуозно представлял аудитории генезис, становление, динамику и эволюцию любого архитектурного явления [6–8]. Архитектура, которой посвящены монографии и статьи А.В. Рябушина, насыщена художественными об-



Рис. 6. Дипломная работа «Теплые торговые ряды в Китай-городе. История и концепция реконструкции». Автор Е.Д. Филонова. Руководители: А.П. Кудрявцев, И.А. Прокофьева, 2022 г.

Fig. 6. Thesis «Warm shopping malls in Kitay-gorod. History and concept of reconstruction». Author Filonova E.D. Supervisors: A.P. Kudryavtsev, I.A. Prokofieva, 2022

рами, глубоким философским смыслом. Его работы «Новые горизонты архитектурного творчества. 1970–1980-е годы» [9], «О феномене новейшей японской архитектуры», «Заха Хадид», «Архитекторы рубежа тысячелетий» [10] и многие другие говорят о том, что автор всегда выбирал актуальные темы и направления архитектурной профессии. Как великий теоретик, он находился в авангарде современной архитектуры, его имя навсегда вошло в историю отечественной культуры. Студенты старались оправдать доверие учителя, каждый раз готовились, чтобы представить на обсуждение новые материалы и идеи.

Отношения «ученик – учитель» выстраивались на общем доверии [6]. Элегантность, настоящая дипломатия... высочайшая деликатность во всем, даже в сложных ситуациях, отличала поступки А.В. Рябушина. Он всегда защищал своих студентов и даже критиковал их тихо, почти шепотом: «Люди живые... и... чувствуют», а хвалил громко и много, тем самым поднимая их самооценку. Всегда сложнее найти в работах студентов положительные стороны, чем недостатки... а мастерство зрелого педагога заключается именно в том, что на первый взгляд даже в совсем обычной студенческой работе находится целый ряд достоинств [6]. У Рябушина можно было учиться не только профессиональным навыкам, но и достойным человеческим качествам. Он показал, как следует работать в архитектурной науке, открыл методы системного и комплексного анализа в архитектуре и градостроительстве, принципы масштабного подхода к теме и проблеме.

В педагогической практике выдающихся архитекторов и учителей московской архитектурной школы объединяет один общий основополагающий подход к ученикам – все люди талантливы и могут достичь высот в профессии или любом другом выбранном направлении, если создать необходимые условия: постоянная работа и мотивированное поощрение творческих успехов. Принцип М.Т. Козлова: человек должен двигаться самостоятельно и достичь всего сам, а руководство педагога, обучение, окружение, контекст (работа в творческой группе, коллективе) откорректируют многое, и уникальность сохранится. Е.С. Пронин и Н.И. Федяева работали вместе с учеником над его идеей, своим примером показывая, как надо делать проект, как он развивается, и это настоящее творче-

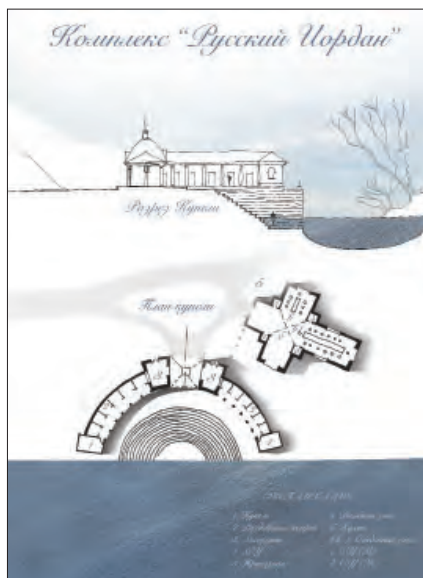


Рис. 7. Проект купели вблизи Ново-Иерусалимского монастыря. Автор И.А. Прокофьева

Fig. 7. Project of a font near the New Jerusalem Monastery. Author I.A. Prokofieva

ство. А.В. Рябушин брал практически готовую работу студента и, как великий мастер, несколькими идеями и завершающими фразами превращал ее в шедевр. Все эти методы принципиально отличаются, однако все они абсолютно хороши и эффективны, их можно применять в работе с разными студентами в зависимости от специфики и особенности каждого ученика, который должен двигаться в своем направлении и создавать новую архитектуру.

Студент, архитектор, кандидат архитектуры, доцент, профессор, член Союза московских архитекторов – автор статьи, учителями которой в МАРХИ были М.Т. Козлов, А.А. Шадрин, Е.С. Пронин, Н.А. Федяева, А.В. Рябушин, В.Л. Глазычев, А.П. Кудрявцев, И.С. Череди́на, Н.Г. Попова, Н.И. Смолина,

И.В. Шишкина, с 1998 г. работает на кафедре «Советская и современная зарубежная архитектура» МАРХИ в группе академика А.П. Кудрявцева. И.А. Прокофьева – архитектор-практик, автор более 30 проектов и 20 реализованных объектов в Москве, Московской области и в Крыму (2000–2022 гг.), постоянный автор журнала «Жилищное строительство». В 2016, 2021 гг. в Союзе московских архитекторов состоялись ее персональные выставки (рис. 3, 4). Она опубликовала более 80 научных статей по теории и истории архитектуры и шесть учебных пособий [11–14]. Среди ее учеников более 70 талантливых архитекторов, в том числе руководители частных проектных бюро, а также целый ряд исследователей и архитектурных публицистов.

По словам академика А.П. Кудрявцева (рис. 5), художественный мир открыл для нее дверь в архитектуру – традиционный для русского архитектора путь обретения профессии. И.А. Прокофьева не прекращает работу в детской студии «Юный художник», все ее ученики гениальны. Она, следуя идеям, заложенным учителями и педагогами, стала профессором МАРХИ, где творческая атмосфера, рожденная ВХУТЕМАСом, осталась как вечно живая традиция. Также традиция – архитектор-педагог должен проектировать и строить. В этом смысле у Ирины Александровны счастливая судьба: ее осуществленные проекты, а их много, имеют конкретных заказчиков – это частные дома, пансионаты, небольшие по объему, в зелени, в благоустроенном ландшафте. Она активно участвует в конкурсах, выставках, где в ее работах можно увидеть абстрактную символику («Музей Леонидова»,

«Музей Мира», «Музей Времени»), парадоксальное сочетание живого, динамичного и монументального («Павильон СССР», «Музей советского авангарда»). И очень тонкая работа – небольшая купель вблизи Ново-Иерусалимского монастыря, необычно графически представленная (рис. 6). Приоритет в творчестве Ирины Александровны принадлежит педагогической деятельности в МАРХИ (рис. 7), подкрепленной солидной исследовательской работой.

Список литературы

1. Гольдзамт Э.А., Швидковский О.А. Градостроительная культура европейских социалистических стран. М.: Стройиздат, 1985. 479 с.
2. Пронин Е.С., Степанов А.В. Преимущества комплексного образования в вузе // *Архитектура СССР*. 1981. № 3.
3. Пронин Е.С., Степанов А.В., Соколов Ю.Н. Творческий путь архитектурного вуза // *Архитектура СССР*. 1983. № 11.
4. Пронин Е.С. Теоретические основы архитектурной комбинаторики. Специальность «Архитектура». М.: Архитектура-С, 2004. 232 с.
5. Прокофьева И.А. Козлов М.Т. – архитектор, педагог МАРХИ. *Наука, образование и экспериментальное проектирование-2019*. МАРХИ. С. 348–349.
6. Прокофьева И.А. А.В. Рябушин – мастер и великий учитель. *Современная архитектура мира*. 2013. Вып. 3. М.: НИИТИАГ РААСН; СПб.: Нестор-История, 2013. С. 32–34.
7. Прокофьева И.А. Современная методология архитектурного анализа. М.: Принт-Сервис, 2012. 118 с.
8. Прокофьева И.А. Подземное строительство: общественно-торговые сооружения XIX–XXI вв. в историческом центре Москвы // *Жилищное строительство*. 2022. № 9. С. 39–46.
9. Рябушин. А.В. Новые горизонты архитектурного творчества 1970–1980-е годы. М.: Стройиздат, 1990. 396 с.
10. Рябушин А.В. Архитекторы рубежа тысячелетий. М.: Искусство XXI век, 2010. 432 с.
11. Прокофьева И.А., Хайт В.Л. Московские пассажи – вчера, сегодня, завтра. Традиции и современность // *Архитектура и строительство Москвы*. 2001. № 1. С. 18–23.
12. Прокофьева И.А. Ильинка // *Архитектура и строительство Москвы*. 2010. Т. 549. № 1. С. 32–50.
13. Прокофьева И.А. Гостиный двор. История и современность // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 1. С. 41–46.
14. Прокофьева И.А. Из истории градостроительства. Первые московские пассажи // *Архитектура и строительство Москвы*. 1999. № 6. С. 44–48.

References

1. Goldsamt E.A., Shvidkovsky O.A. Gradostroitel'naya kul'tura evropeiskikh sotsialisticheskikh stran [Urban planning culture of European socialist countries]. Moscow: Stroyizdat. 1985. 479 p.
2. Pronin E.S., Stepanov A.V. Advantages of comprehensive education in higher education. *Arkhitectura SSSR*. 1981. No. 3. (In Russian).
3. Pronin E.S., Stepanov A.V., Sokolov Yu.N. The creative path of an architectural university. *Arkhitectura SSSR*. 1983. No. 11. (In Russian).
4. Pronin E.S. Teoreticheskie osnovy arkhitekturnoi kombinatoriki. Spetsial'nost' "Arkhitectura" [Theoretical foundations of architectural combinatorics. Specialty "Architecture"]. Moscow: Architecture-C, 2004. 232 p.
5. Prokofieva I.A. Kozlov M.T. – architect, teacher of the MARCHI. *Science, Education and Experimental Design-2019*. Moscow: MARKHI. 2019, pp. 348–349.
6. Prokofieva I.A. A.V. Ryabushin – master i velikii uchitel'. *Sovremennaya arkhitektura mira* [A.V. Ryabushin is a master and a great teacher. Modern architecture of the world]. 2013. Moscow: NIITIAГ RAASN. Saint Petersburg: Nestor-Istoriya. 2013, pp. 32–34.
7. Prokofieva I.A. Sovremennaya metodologiya arkhitekturnogo analiza [Modern methodology of architectural analysis]. Moscow: Print-Service, 2012. 118 p.
8. Prokofieva I.A. Underground construction: public and commercial buildings of the XIX–XXI centuries. in the historical center of Moscow. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 9, pp. 39–46. (In Russian).
9. Ryabushin. A.V. Novye gorizonty arkhitekturnogo tvorchestva 1970–1980-e gody [New horizons of architectural creativity in the 1970s–1980s]. Moscow: Stroyizdat, 1990. 396 p.
10. Ryabushin A.V. Arkhitekory rubezha tysyacheletii [Architects of the turn of the millennium]. Moscow: Iskusstvo XXI vek. 2010. 432 p.
11. Prokofieva I.A., Khait V.L. Moscow passages – yesterday, today, tomorrow. Tradition and modernity. *Architektura I stroitelstvo Moskvy*. 2001. No. 1, pp. 18–23. (In Russian).
12. Prokofieva I.A. Ilyinka. *Architektura I stroitelstvo Moskvy*. 2010. Vol. 549. No. 1, pp. 32–50. (In Russian).
13. Prokofieva I.A. Gostiny yard. History and modernity. *Academia. Architektura I Stroitelstvo*. 2010. No. 1, pp. 41–46. (In Russian).
14. Prokofieva I.A. From the history of urban planning. The first Moscow passages. *Architektura I Stroitelstvo Moskvy*. 1999. № 6, pp. 44–48. (In Russian).

УДК 697.1 : 628.8

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-41-44>

О.Д. САМАРИН, канд. техн. наук (samarin-oleg@mail.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Сравнение различных методов расчета остывания помещений при прекращении теплоснабжения

Актуальность исследования связана с необходимостью обеспечения безопасности жизнедеятельности людей и строительных конструкций здания и наличием значительно отличающихся подходов к решению задачи об остывании помещений в аварийных режимах. Предметом исследования являются зависимости от времени для понижения внутренней температуры в зданиях при отключении подачи теплоты системой теплоснабжения в аварийной ситуации в условиях резкого похолодания. Цель исследования состоит в оценке достоверности каждого варианта такой зависимости и выявлении области их применимости. Задача исследования – сопоставление поведения температуры в помещениях по разным методикам и при необходимости поиск поправочных коэффициентов, обеспечивающих наилучшее согласование результатов. Для проведения исследований использовано сочетание приближенных аналитических и численных конечно-разностных методов решения дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности в массиве ограждений помещения, позволяющих установить связь основных геометрических и теплотехнических параметров ограждающих конструкций с темпом остывания помещений в различные моменты времени. Представлено сопоставление двух вариантов решения рассматриваемой задачи – с экспоненциальным убыванием избыточной внутренней температуры на основе аналогии с регулярным режимом остывания твердого тела и уточненного, справедливого для начальных моментов времени при учете особенностей распространения температурной волны в массивных ограждениях. Выявлена область применимости каждого из решений и получены поправки для первого варианта, обеспечивающие наиболее точное совпадение даваемых им результатов с вычислениями по разработанной автором программе для ЭВМ. Изложение проиллюстрировано числовыми и графическими примерами.

Ключевые слова: температура, резкое похолодание, остывание, теплоснабжение, температурная волна, аварийный режим.

Для цитирования: Самарин О.Д. Сравнение различных методов расчета остывания помещений при прекращении теплоснабжения // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 41–44.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-41-44>

O.D. SAMARIN, Candidate of Sciences (Engineering) (samarin-oleg@mail.ru)

National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Comparison of Various Methods for Calculating the Cooling of Premises at the Termination of Heat Supply

The relevance of the study is related to the need to ensure the safety of human life and building structures of the building and the presence of significantly different approaches to solving the problem of cooling the premises in emergency modes. The subject of the study is the time dependences for lowering the internal temperature in buildings when the heat supply is turned off by the heat supply system in an emergency situation in conditions of a sharp cold snap. The purpose of the study is to assess the reliability of each variant of such dependence and to identify the scope of their applicability. The objective of the study is to compare the behavior of indoor temperature according to different methods and, if necessary, to search for correction coefficients that ensure the best agreement of the results. A combination of approximate analytical and numerical finite-difference methods for solving differential equations of unsteady thermal conductivity in an array of room fences is used, allowing to establish a connection between the basic geometric and thermal parameters of enclosing structures with the rate of cooling of rooms at various points in time. A comparison of two solutions to the problem under consideration is presented – with an exponential decrease in excess internal temperature based on an analogy with the regular cooling regime of a solid and a refined, fair for the initial moments of time, taking into account the peculiarities of the propagation of a temperature wave in massive enclosures. The scope of applicability of each of the solutions is revealed and corrections for the first variant are obtained, ensuring the most accurate coincidence of the results given by them with calculations according to the computer program developed by the author. The presentation is illustrated with numerical and graphical examples.

Keywords: temperature, cold snap, cooling, heat supply, temperature wave, emergency mode.

For citation: Samarina O.D. Comparison of various methods for calculating the cooling of premises at the termination of heat supply. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 41–44. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-41-44>

Задача об остывании помещений здания при прекращении теплоснабжения в холодный период года решалась достаточно давно и до сих пор сохраняет свою актуальность в силу того, что она непосредственно связана с обеспечением безопасности жизнедеятельности людей и строительных конструкций здания, это является одним из основных требований Федерального закона № 384 «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» от 30 декабря 2009 г. с последующими изменениями. В последнее время исследованиями в данной области занимались ученые как в нашей стране, так и за рубежом [1–7] с использованием различных исходных упрощающих предположений, как с помощью численных, так и аналитических методов. При этом в публикациях [5–7] представлена несколько более общая постановка проблемы, включающая также учет автоматического регулирования климатических систем, обслуживающих здание. Однако большинство существующих работ либо не принимает во внимание ряд существенных факторов, оказывающих влияние на процесс остывания, либо содержит результаты в слишком сложной для инженерной практики форме.

Тем не менее основой многих простейших решений этой задачи является представление о регулярном режиме охлаждения, в результате чего получается зависимость в следующей общей форме [8]:

$$\theta_B = \theta_0 \exp(-C\tau), \quad (1)$$

где τ – промежуток времени с момента начала остывания, с; $\theta_B = t_B - t_H$ и $\theta_0 = t_{B,0} - t_H$ – соответственно текущая и начальная (при $\tau=0$) избыточная температура внутреннего воздуха, °С, где t_H – температура наружного воздуха, которая в данном случае считается постоянной в течение всего времени охлаждения; $t_{B,0}$ – начальное значение температуры внутреннего воздуха t_B , °С; параметр C представляет собой некоторую величину, имеющую размерность c^{-1} и характеризующую теплоаккумуляционные свойства здания.

В работах [9–10] автором было получено решение несколько иного вида – также экспоненциальное, но с аргументом, пропорциональным не τ , а $\sqrt{\tau}$:

$$\theta_B = \theta_0 \exp\left(\frac{-2A}{B} \sqrt{\tau}\right), \quad (2)$$

где коэффициенты A , Вт/К, и B , Вт·с^{1/2}/К, вычисляются следующим образом:

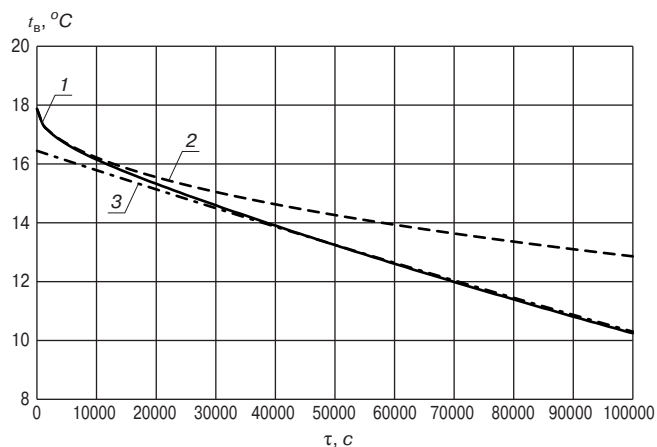
$$A = L_{\Pi} c_B \rho_B / 3,6 + \Sigma K_i A_{Li}; \quad B = \Sigma A_M \sqrt{\lambda c \rho}. \quad (3)$$

В данных выражениях λ , c и ρ – это соответственно теплопроводность, Вт/(м·К); удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); плотность материала слоя наружной стены, покрытия или перекрытия над

подвалом, а при необходимости и внутренних конструкций, обращенного внутрь помещений здания; ΣA_M – суммарная площадь указанных ограждений для помещения или здания в целом, м²; L_{Π} – расход приточного воздуха, м³/ч; $c_B = 1,005$ кДж/(кг·К) и $\rho_B = 1,2$ кг/м³ – соответственно его удельная теплоемкость и плотность; произведение $\Sigma K_i A_{Li}$ имеет физический смысл суммарной тепловой проводимости «легких» (главным образом светопрозрачных) ограждений, причем K_i и A_{Li} – соответственно коэффициенты теплопередачи, Вт/(м²·К), и площади, м², i -й «легкой» конструкции.

Такое построение формулы объяснялось тем обстоятельством, что в начальные моменты времени, для которых главным образом она и оказывается справедливой, основное влияние на нестационарный тепловой режим помещения оказывает теплоустойчивость его ограждающих конструкций, как наружных, так и внутренних, а процесс распространения температурной волны в массивном материале как раз и описывается зависимостью указанного типа. Однако целесообразно все же определить временной диапазон, в пределах которого можно пользоваться рассматриваемым решением, и одновременно выявить условия, при которых оно переходит в традиционное, с экспоненциальным убыванием избыточной температуры. Из общих соображений следует, что такой переход должен произойти тогда, когда распространяющаяся из каждого помещения температурная волна достигнет оси симметрии внутренних ограждений, которые таким образом приобретут по всей толщине температуру, равную величине t_B или по крайней мере близкую к ней, и, следовательно, температура начнет изменяться синхронно во всем здании. Это и будет критерием начала регулярного режима остывания объекта в целом.

Для решения данного вопроса были произведены расчеты по разработанной автором программе для ЭВМ, реализующей конечно-разностную аппроксимацию дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности в массивных ограждениях в сочетании с уравнениями поверхностного теплообмена и общего теплового баланса помещения, которая является модификацией программы, использованной автором ранее в работах [9–10]. Вычисления проводились для того же характерного помещения-представителя, что и в упомянутых публикациях. При этом было принято, что $t_{B,0} = +17,87$ °С (соответствует температуре на внутренней поверхности наружной стены, с которой очень быстро сравнивается t_B при отключении теплоснабжения), $t_H = -25$ °С, $L_{\Pi} = 0$, тогда $A = \Sigma K_i A_{Li} = 4$ Вт/К, а $B = 20357$ Вт·с^{1/2}/К в соответствии с имеющимися размерами помещения и материалом массивных ограждений. Результаты показаны на ри-



Зависимость t_b от времени для расчетного помещения: 1 – сплошная линия – численный расчет; 2 – по формуле (2); 3 – по выражению (1)

The dependence of t_b on time for the calculation room: 1 – numerical calculation; 2 – by formula (2); 3 – by expression (1)

сунке линией 1. Для сравнения 2 – зависимость, даваемая для того же помещения формулой (2), 3 – с использованием зависимости (1). Необходимо только заметить, что в последнем случае наилучшее совпадение получается, если при вычислениях по (1) значение τ принимать со сдвигом τ_0 , увеличивающим его примерно на 21000 с, или около 5,83 ч. Тогда наилучшее значение параметра C в (1) оказывается равным $1,61 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$, что по порядку величины соответствует диапазону, приводимому в [8] и других работах того же автора. Одновременно получаем, что такое сопоставление позволяет провести идентификацию модели, представленной соотношением (1). С учетом общих физических соображений и данных [8] можно предложить следующую расшифровку величины C с использованием уже приведенных показателей помещения и здания в целом:

$$C = \frac{A + K_{\text{НС}} A_{\text{НС}} / a}{M_{\text{НС}} c_{\text{НС}}}, \quad (4)$$

где $M_{\text{НС}}$, $K_{\text{НС}}$, $A_{\text{НС}}$ и $c_{\text{НС}}$ – характеристики наружной стены соответственно: масса, кг; коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); площадь, м², а также удельная теплоемкость ее материала, Дж/(кг·К). Поскольку для большинства строительных материалов значения $c_{\text{НС}}$ отличаются мало, большой погрешности при выделении из многослойной конструкции одного наиболее существенного слоя и учете $c_{\text{НС}}$ именно для него не возникнет. Для рассматриваемого помещения-представителя производство $K_{\text{НС}} A_{\text{НС}}$

равно 2,89 Вт/К, а величина $M_{\text{НС}} c_{\text{НС}}$ составляет $2,94 \cdot 10^6$ Дж/К. Параметр A по-прежнему вычисляется по первой формуле из (3), а коэффициент a показывает среднюю долю массы стены, охваченной охлаждением. В расчетах наилучшее значение было найдено равным 4, тогда значение C , получаемое по соотношению (4), будет совпадать с указанным выше уровнем $1,61 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$, определенным непосредственно по кривой на рисунке.

Ориентировочное аналитическое выражение для сдвига по времени τ_0 , включающее ранее использованные параметры, можно записать в следующем виде:

$$\tau_0 = \frac{M_{\text{НС}} c_{\text{НС}}}{\alpha_k \Sigma A_i}, \quad (5)$$

где α_k – средний коэффициент конвективного теплообмена на внутренних поверхностях ограждений помещения, Вт/(м²·К); ΣA_i – их суммарная площадь, м². Это следует опять-таки из общих физических соображений, в том числе при анализе размерностей применяемых величин. Данному параметру можно приписать следующий физический смысл: он учитывает начальное ускорение процесса охлаждения по сравнению с чисто экспоненциальной зависимостью (1). Поведение кривых на рисунке демонстрирует, что такой режим преимущественного влияния теплоустойчивости всех ограждений имеет место на первом этапе остывания помещения, в данном случае при τ примерно до 10800 с (3 ч), затем следует переходный период и, наконец, начиная с τ около 25200 с (7 ч), процесс охлаждения становится регулярным, описываемым формулой (1).

Таким образом, мы показали, что полученная автором в работах [9–10] зависимость для изменения значения t_b в помещении при аварийных режимах теплоснабжения хорошо соответствует данным численного эксперимента при относительно малых τ , а в дальнейшем необходимо переходить к обычно применяемым выражениям типа (1) с учетом сдвига τ_0 . При этом все перечисленные формулы имеют достаточно простой вид, требуют минимального числа исходных данных и доступны для использования в инженерной практике, давая возможность оценить интервал времени, в пределах которого в здании еще поддерживаются условия внутреннего микроклимата на допустимом уровне, и, следовательно, выявить срок, за который необходимо устранить аварию.

Список литературы

1. Малявина Е.Г. Расчет темпа остывания помещения после отключения теплоснабжения // *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. № 2. С. 55–58.

References

1. Malyavina E.G. Calculation of the rate of cooling of a room after turning off the heat supply. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015. No. 2, pp. 55–58. (In Russian).

2. Дорошенко А.В. Имитационная термодинамическая модель здания // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2017. № 12. С. 42–43.
3. Rafalskaya T. Safety of engineering systems of buildings with limited heat supply // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021, pp. 012049.
4. Rafalskaya T.A. Simulation of thermal characteristics of heat supply systems in variable operating modes // *Journal of Physics: Conference Series. XXXV Siberian Thermophysical Seminar*. STS 2019. 2019, pp. 012140.
5. Latif M., Nasir A. Decentralized stochastic control for building energy and comfort management // *Journal of Building Engineering*. 2019. Vol. 24, pp. 100739.
6. Serale G., Capozzoli A., Fiorentini M., Bernardini D., Bemporad A. Model predictive control (MPC) for enhancing building and HVAC system energy efficiency: problem formulation, applications and opportunities // *Energies*. 2018. Vol. 11. 3, pp. 631.
7. Ryzhov A., Ouerdane H., Gryazina E., Bischi A., Turitsyn K. Model predictive control of indoor microclimate: existing building stock comfort improvement // *Energy Conversion and Management*. 2019. Vol. 179, pp. 219–228.
8. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. 3-е изд. СПб.: АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД, 2006. 400 с.
9. Самарин О.Д. Расчет остывания помещений здания в аварийных режимах для обеспечения надежности их теплоснабжения // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. Вып. 4 (127). С. 496–501.
10. Самарин О.Д., Клочко А.К. Численные и приближенные методы в задачах строительной теплофизики и климатологии. М.: МИСИ-МГСУ, 2021. 96 с.
2. Doroshenko A.V. Simulation thermodynamic model of the building. *BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki*. 2017. No. 12, pp. 42–43. (In Russian).
3. Rafalskaya T. Safety of engineering systems of buildings with limited heat supply. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021, pp. 012049.
4. Rafalskaya T.A. Simulation of thermal characteristics of heat supply systems in variable operating modes. *Journal of Physics: Conference Series. XXXV Siberian Thermophysical Seminar*, STS 2019. 2019, pp. 012140.
5. Latif M., Nasir A. Decentralized stochastic control for building energy and comfort management. *Journal of Building Engineering*. 2019. Vol. 24, pp. 100739.
6. Serale G., Capozzoli A., Fiorentini M., Bernardini D., Bemporad A. Model predictive control (MPC) for enhancing building and HVAC system energy efficiency: problem formulation, applications and opportunities. *Energies*. 2018. Vol. 11. No. 3, pp. 631.
7. Ryzhov A., Ouerdane H., Gryazina E., Bischi A., Turitsyn K. Model predictive control of indoor microclimate: existing building stock comfort improvement. *Energy Conversion and Management*. 2019. Vol. 179, pp. 219–228.
8. Bogoslovsky V.N. *Stroitel'naya teplofizika* [Building thermal physics]. Saint Petersburg: AVOK SEVERO-ZAPAD, 2006. 400 p. (In Russian).
9. Samarin O.D. The calculation of cooling of building in emergency conditions to ensure reliability of their heating. *Vestnik MGSU*. 2019. Vol. 14. No. 4 (127), pp. 496–501. (In Russian).
10. Samarin O.D., Klochko A.K. *Chislennyye i priblizhenyye metody v zadachakh stroitel'noi teplofiziki i klimatologii* [Numerical and approximate methods in problems of construction thermal physics and climatology]. Moscow: MISI-MGSU, 2021. 96 p. (In Russian).

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Монография «Защита деревянных конструкций»

Автор – Ломакин А.Д.

Рассмотрены вопросы конструкционной и химической защиты деревянных конструкций, используемых в малоэтажном домостроении, при строительстве зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения, в том числе, с химически агрессивной средой, а также открытых сооружений (автодорожных и пешеходных мостов, опор ЛЭП и др.). Освещены вопросы защиты от эксплуатационных воздействий и возгорания несущих конструкций из клееной древесины и ЛВЛ и приведено краткое описание наиболее эффективных средств и способов их защиты. Описаны методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натурных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Приведены методика и результаты мониторинга влажностного состояния несущих клееных деревянных конструкций в процессе эксплуатации.



**Заявки направляйте в редакцию по e-mail: mail@rifsm.ru,
по тел.: (499) 976-22-08, 976-20-36.
Оформляйте заказ на сайте www.rifsm.ru**

УДК 699.84

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-45-48>

Д. В. АБРАМКИНА, канд. техн. наук (dabramkina@ya.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Шумовое загрязнение от систем вентиляции в жилых зданиях

Обеспеченность расчетного воздухообмена при применении канальных систем естественной вентиляции и организации сквозного проветривания является сложно прогнозируемой величиной, поэтому в многоэтажных жилых домах с каждым годом все чаще применяют системы с механическим побуждением. Однако существует ряд проблем, связанных с необходимостью проведения технического обслуживания и ремонта, а также генерацией шума снаружи и внутри здания. На практике, несмотря на наличие рекомендаций по ограничению шума от инженерного оборудования, при проектировании и сдаче объекта в эксплуатацию надлежащий контроль акустических характеристик практически не производится. Проблема шумового загрязнения может ограничивать использование механической вентиляции. В рамках исследования было проведено измерение шума, генерируемого системами механической вентиляции в дневное и ночное время в квартирах последнего этажа трехсекционного жилого дома, расположенного в Москве. Около трети обследованных квартир многоэтажного жилого дома имели превышения уровней шума в дневное и ночное время. Основными причинами формирования повышенных уровней звукового давления являлись некачественные монтажные работы вентиляционных систем.

Ключевые слова: шум, уровень звукового давления, постоянный шум, механическая вентиляция, шумовое загрязнение.

Для цитирования: Абрамкина Д. В. Шумовое загрязнение от систем вентиляции в жилых зданиях // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 45–48. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-45-48>

D.V. ABRAMKINA, Candidate of Sciences (Engineering) (dabramkina@ya.ru)
National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Noise Pollution from Ventilation Systems in Residential Buildings

The provision of calculated air exchange when using duct systems of natural ventilation and organizing cross-ventilation is a difficult to predict value, therefore, in multi-storey residential buildings, systems with mechanical stimulation are increasingly used every year. However, there are a number of problems associated with the need for maintenance and repair, as well as the generation of noise outside and inside the building. In practice, despite the existence of recommendations for limiting noise from engineering equipment, when designing and commissioning an object, proper control of acoustic characteristics is practically not carried out. The problem of noise pollution can limit the use of mechanical ventilation. As part of the study, noise generated by mechanical ventilation systems during the day and at night in the apartments of the last floor of a three-section residential building located in Moscow was measured. About a third of the surveyed apartments in the multi-storey residential building had excess noise levels during the day and at night. The main reasons for the formation of increased levels of sound pressure were poor-quality installation work of ventilation systems.

Keywords: noise, sound pressure level, constant noise, mechanical ventilation, noise pollution.

For citation: Abramkina D.V. Noise pollution from ventilation systems in residential buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 45–48. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-45-48>

Согласно информации Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека более 60% жалоб на различные физические факторы в жилых домах представляют собой обращения, связанные с повышенным уровнем шума. При проведении социологических исследований [1] было выявлено, что около 45% составляют жалобы на шум от инженерного и технологического оборудования зданий.

Проведение натурных исследований по оценке шумового воздействия от инженерного оборудова-

ния жилых зданий выявляет ряд проблем, связанных с недостаточной проработанностью нормативно-технических документов.

1. Отсутствие требований по проведению измерений уровней звукового давления от систем гибридной вентиляции, а также учета организации периодического проветривания помещений [2]. Согласно исследованиям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [3] большинство жителей Европы предпочитают открывать окна в ночное время для обеспечения вентиляции спальни.

2. Отсутствие требований по проведению измерений уровней звукового давления от систем с естественным притоком и механической вытяжкой [4].

3. Отсутствие четкого указания по выбору оценочного временного интервала работы инженерного оборудования зданий [5]. Данный фактор зачастую приводит к усреднению значений периодически работающего оборудования на восьмичасовой период, например от систем механической вентиляции пристроенных предприятий общественного питания [6].

Зачастую устранение проблем, связанных с шумом от инженерных систем на стадии эксплуатации здания, представляют собой сложные и дорогостоящие операции, поэтому исследование, направленное на выявление причин акустического загрязнения помещений, является актуальной научной задачей.

В рамках исследования было проведено измерение уровня шума в квартирах последнего этажа трехсекционного жилого дома, расположенного в Москве. Всего было обследовано 33 квартиры. Для жилой части здания запроектированы системы вытяжной механической вентиляции с естественным притоком. Удаление загрязненного воздуха осуществляется через вытяжные воздуховоды кухонь и санитарных узлов с выпуском воздуха в сборный вертикальный канал и далее через кровлю крышным вентилятором на улицу. Для квартир последнего этажа предусматриваются отдельные системы, оборудованные канальными вентиляторами, размещенными в техническом пространстве над лестнично-лифтовым холлом.

Измерение уровней звукового давления проводилось с помощью шумомера ОКТАВА-111 в дневное и ночное время в несколько этапов.

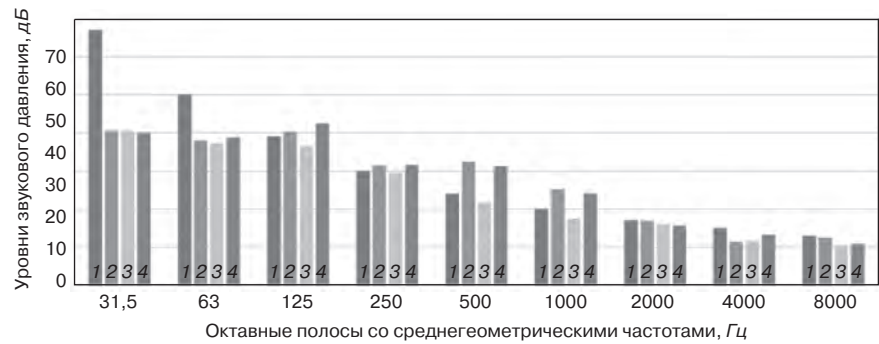
1. Измерение фонового шума при выключенном вентиляционном оборудовании.

2. Измерение шума при совместной работе вентиляционного оборудования.

3. Измерение шума при работающих крышных вентиляторах.

4. Измерение шума при работающих осевых вентиляторах, обслуживающих квартиры последнего этажа.

По результатам натурного исследования было выявлено превышение предельно допустимых уровней



1 - ПДУ
2 - Совместная работа
3 - Крышные вентиляторы
4 - Осевые вентиляторы

Рис. 1. Уровни звукового давления от вентиляционного оборудования в квартире-студии в ночное время

Fig. 1. Sound pressure levels from ventilation equipment in the studio at night

Классы жилых помещений по степени акустического комфорта при применении вентиляционного оборудования
Class limits for ventilation equipment noise

	Класс помещения					
	A	B	C	D	E	F
	Эквивалентные уровни звука от вентиляционного оборудования, дБА					
Жилые помещения	≤ 20	≤ 24	≤ 28	≤ 32	≤ 36	≤ 40
Процент неудовлетворенности жителей	≤ 5	≈ 5	≈ 10	≈ 20	≈ 35	≥ 50

(ПДУ) звукового давления в трети квартир последнего этажа здания при работающих осевых вентиляторах и совместной работе вентиляционного оборудования. Превышений фонового шума зафиксировано не было.

На рис. 1 представлены результаты измерений уровней звукового давления для квартиры-студии в ночное время суток.

Ночное время является наиболее критическим периодом с точки зрения акустического дискомфорта, возникающего в жилых квартирах [7]. Повышенный шум оказывает значительное влияние на продолжительность фаз глубокого и поверхностного сна [8].

Фоновые шумы, проникающие из смежных помещений и улицы, обычно ниже, чем днем. В этих условиях шум от вентиляционных систем и инженерного оборудования будет более заметен. Исследования [9, 10] показывают, что около 30% респондентов самовольно отключили системы механической вентиляции в своих домах из-за акустического дискомфорта.

Эквивалентные уровни звука от совместного действия вентиляционного оборудования и при работе осевых вентиляторов также оказались выше нормируемых значений (рис. 2).

В рамках исследований Европейского акустического сотрудничества COST Action TU-0901 [11] была разработана классификация жилых помещений по степени акустического комфорта (см. таблицу).

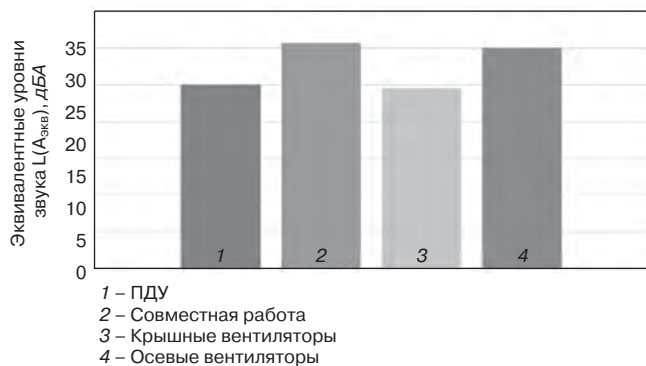


Рис. 2. Эквивалентные уровни звука от вентиляционного оборудования в квартире-студии в ночное время

Fig. 2. Equivalent sound levels from ventilation equipment in the studio at night

По данным таблицы рассматриваемая квартира при фактических условиях эксплуатации вентиляционного оборудования (совместная работа) относится к классу D.

Избыточный шум от систем вентиляции обычно является следствием ошибок при конструировании и расчете систем, подборе оборудования, монтаже или эксплуатации. Проектирование современного здания подразумевает комплексный подход, включающий в себя создание устойчивой архитектуры: разработку оптимальной конструкции и планировки; внедрение модулярности, мобильности и гибкости отдельных элементов объекта; применение экологических материалов и энергоэффективных технологий, позволяющих создать качественную внутреннюю среду [12]. Главная задача инженеров – найти оптимальное решение, при котором в здании будут обеспечены комфортные параметры микроклимата в помещениях, в том числе и акустическая обстановка, при минимальных затратах энергии [13]. Таким образом, проведение акустических расчетов на стадии проектирования систем вентиляции является обязательным условием, позволяющим снизить риски возникновения проблем при их эксплуатации.

Ошибки при монтаже вентиляционных систем являются одной из основных причин шумового загрязнения помещений. Проведение строительного контроля при монтаже систем вентиляции многоквартирных жилых домов позволило выявить следующие основные проблемы:

– герметичность вентиляционной системы: отсутствие прокладок в межфланцевых соединениях, что приводит также к повышению потерь давления аэродинамической сети и повышению энергопотребления вентиляторов [14];

– пережатие гибких вставок в узле подключения вентиляторов последнего этажа, являющихся искусственным препятствием на пути движения воздушного потока, что приводит к возникновению сложных

турбулентных течений в воздуховодах (Кожевникова Н.А., Шевкун Н.А., Драный А.В., Цымбал А.А., Трубилин Е.И., Коновалов В.И. Анализ характера распределения основных параметров воздушного потока в воздуховодах // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2020. № 161. С. 282–289);

– отсутствие жесткого крепления вентиляторов и воздуховодов;

– отсутствие заделки технических отверстий;

– применение самодельных отводов, тройников и врезок вместо заводских и проектных решений;

– некорректный монтаж виброопор вентиляторов.

Выводы

Около трети обследованных квартир многоэтажного жилого дома имели превышения уровней шума в дневное и ночное время. Основными причинами формирования повышенных уровней звукового давления являлись некачественные монтажные работы вентиляционных систем. Также было выявлено, что в ряде случаев фактические уровни шума установленных вентиляторов отличались от заявленных заводом-изготовителем.

Проведение акустических расчетов на стадии проектирования и контроль уровня шума от вентиляционного оборудования в период сдачи объекта в эксплуатацию являются необходимой мерой при строительстве многоэтажных жилых зданий.

Список литературы / References

1. Навроцкая А.А., Васильев Ю.В. Влияние шума технологического оборудования жилых зданий на качество жизни и здоровье человека // *FORCIPE*. 2021. Т. 4. С. 223.
1. Navrotskaya A. A., Vasil'ev Yu. V. Influence of noise technological equipment noise in residential buildings on quality of life and human health. *FORCIPE*. 2021. Vol. 4, pp. 223. (In Russian)
2. Harvie-Clark J., Siddal M. Problems in residential design for ventilation and noise // *Acoustics Bulletin*. 2013. № 35 (1), pp. 74–87.
3. Hurlley C., Bengs D. Night noise guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2009. 184 p.
4. Torresin S., Albatici R., Aletta F., Babich F., Oberman T., Kang G. Acoustic design criteria in naturally ventilated residential buildings: new research perspectives by applying the indoor soundscape approach. *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9 (24). No. 5401.
5. Кузнецова Е.Б. Санитарно-гигиенические требования к уровням шума в жилых зданиях и на

- территории жилой застройки. Существующая практика применения // *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2018. Т. 3. № 2. С. 853–862.
5. Kuznetsova E.B. Sanitary and hygienic requirements for noise levels in residential buildings and residential areas. *Current use. Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2018. Vol. 13. No. 2, pp. 853–862. (In Russian).
 6. Лазаренко Н.В., Веретина И.А., Дегтярёва Ю.В. Опыт проведения измерений физических факторов по жалобам населения в г. Москве. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. А.Ю. Поповой*. М., 2017. С. 219–222.
 6. Lazarenko N.V., Veretina I.A., Degtyareva Y.V. Experience of measuring physical factors on complaints of the population in Moscow. *Materials of the Russian scientific and practical conference edited by A.Y. Popova*. Moscow. 2017, pp. 219–222.
 7. Harvie-Clark J., Conlan N., Wei W., Siddall M. How loud is too loud? Noise from domestic mechanical ventilation systems. *International journal of ventilation*. 2019. Vol. 18 (3), pp. 1–10. DOI: 10.1080/14733315.2019.1615217
 8. Lan L., Sun Y., Wyon D.P., Wargocki P. Pilot study of the effects of ventilation and ventilation noise on sleep quality in the young and elderly. *Indoor Air*. 2021. Vol. 31 (6), pp. 2226–2238. DOI: 10.1111/ina.12861
 9. Brown C., Gorgolewski M. Understanding the role of inhabitants in innovative mechanical ventilation strategies. *Building Research & Information*. 2015. Vol. 43 (2), pp. 210–221. DOI: 10.1080/09613218.2015.963350
 10. Baborska-Narozny M., Stevenson F. Mechanical ventilation in housing: understanding in-use issues. *Proceedings Institute of Civil Engineers – Engineering Sustainability*. 2017. Vol. 170 (1), pp. 33–46. DOI: 10.1680/jensu.15.00053
 11. Rasmussen B., Machimbarrena M. Integrating and harmonizing sound insulation aspects in sustainable urban housing constructions. COST Action TU0901, 2014. 94 p.
 12. Mohamed A. F., El-Menchawy A., Bassioni H. A. An ecological residential buildings management case study; an existing Egyptian eco-house. Republic of Moldova: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2019. 148 p.
 13. Cisek E., Jaglarz A. Architectural education in the current of deep ecology and sustainability. *Buildings*. 2021. Vol. 11. No. 358.
 14. Боломатов В.Н. Герметичность воздуховодов: проблемы и решения // *АВОК*. 2017. № 6. С. 38–47.
 14. Bolomatov V.N. Air tightness: problems and solutions. *AVOK*. 2017. No. 6, pp. 38–47. (In Russian).



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Пятнадцатая международная специализированная выставка

28 – 30 марта 2023

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик (пластик, армированный стекловолокном), углепластик (пластик, армированный углеродным волокном), графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК), искусственный камень, искусственный мрамор, металлокомпозиты, нанокомпозиты, биокомпозиты и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Инженерные пластики
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Компьютерное моделирование

Специальный раздел выставки:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



Параллельно проводится выставка:
ПОЛИУРЕТАНЭКС
www.polyurethanex.ru

Информационная поддержка:



Дирекция:
Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

You Tube youtube.com/user/compoexporussia **Twitter** @compoexporus **Telegram** @ocompo

Организатор:



Мир-Экспо
Выставочная компания

УДК 694.143

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-49-53>

А.Г. ЧЕРНЫХ, д-р техн. наук (chagrig@lan.spbgasu.ru), Р.В. ХОХРИН, инженер (аспирант) (9119122275@mail.ru), Е.В. ДАНИЛОВ, канд. техн. наук (sleepme@mail.ru), П.С. КОВАЛЬ, канд. техн. наук (pkoval@lan.spbgasu.ru)

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4)

Исследование прочности LVL при смятии цилиндрическим и треугольным штампами с учетом изменения влажности

Работа нагельных соединений с когтевыми шайбами в конструкциях из клееного бруса из шпона изучена недостаточно полно. Для понимания напряженно-деформированного состояния элементов узла необходимо рассмотреть поведение компонентов соединителей под нагрузкой. Рассматриваются исследования поведения материала LVL (Laminated Veneer Lumber) при смятии цилиндрическим и треугольным штампами от действия кратковременной нагрузки с учетом изменения влажности, размеров штампа и угла приложения силы к волокнам. Приведена методика испытаний для определения прочностных и жесткостных показателей гнезда опирания соединителей в LVL. Экспериментально получен коэффициент постели и предел прочности, при этом определены выражения многофакторной регрессии. Отмечено, что увеличение влажности и угла действия нагрузки по отношению к волокнам снижает предел прочности и коэффициент постели. Увеличение размера штампа снижает показатели прочности и жесткости. Обнаружена инверсия в результатах для треугольного штампа при направлении усилий вдоль волокон, приводящая к ситуации, когда коэффициент постели и предел прочности для треугольного штампа при угле $\alpha=33$ градуса не зависят от их габаритов. Найденные зависимости могут использоваться для расчета по первой и второй группам предельных состояний для нагельных соединений в LVL-конструкциях с когтевыми шайбами путем подстановки полученных данных в расчетные формулы.

Ключевые слова: цилиндрический штамп, треугольный штамп, соединения, влажность, LVL.

Статья публикуется по результатам проведения научно-исследовательской работы, проводимой в рамках конкурса грантов на выполнение научно-исследовательских работ научно-педагогическими работниками СПбГАСУ (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет») в 2022 г.

Для цитирования: Черных А.Г., Хохрин Р.В., Данилов Е.В., Коваль П.С. Исследование прочности LVL при смятии цилиндрическим и треугольным штампами с учетом изменения влажности // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-49-53>

A.G. CHERNYKH, Doctor of Sciences (Engineering) (chagrig@lan.spbgasu.ru), R.V. KHOKHRIN, Engineer (9119122275@mail.ru), E.V. DANILOV, Candidate of Sciences (Engineering), (sleepme@mail.ru), P.S. KOVAL, Candidate of Sciences (Engineering), (pkoval@lan.spbgasu.ru) Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeyskaya Street, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation)

Investigation of LVL Crumpling Strength with a Cylindrical and Triangular Stamps Taking into Account Changes in Humidity

The work of the dowel joints with claw washers in the structures of glued veneer lumber has not been studied fully enough. To understand the stress-strain state of the node elements, it is necessary to consider the behavior of the connector components under load. The article considers studies of the behavior of LVL material when crumpled by cylindrical and triangular stamps from the action of short-term load, taking into account changes in humidity, stamp size and angle of force application to the fibers. The test procedure for determining the strength and stiffness parameters of the socket of the connectors in LVL is given. The bed coefficient and the tensile strength were experimentally obtained, and the expressions of multifactor regression were determined. It is noted that an increase in humidity and the angle of action of the load in relation to the fibers reduces the tensile strength and the bed coefficient. Increasing the size of the stamp reduces the strength and rigidity. An inversion was found in the results for a triangular stamp with the direction of forces along the fibers, leading to a situation where the bed coefficient and the tensile strength for a triangular stamp at an angle $\alpha=33$ degrees does not depend on their dimensions. The found dependencies can be used to calculate the first and second groups of limit states for dowel joints in LVL constructions with claw washers by substituting the obtained data into the calculation formulas.

Keywords: cylindrical stamp, triangular stamp, connections, humidity, LVL.

The article is published based on the results of the research work carried out within the framework of the grant competition for the performance of research works by scientific and pedagogical workers of SPbGASU (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering») in 2022.

For citation: Chernykh A.G., Khokhrin R.V., Danilov E.V., Koval P.S. Investigation of LVL crumpling strength with a cylindrical and triangular stamps taking into account changes in humidity. *Zhilyshchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 49–53. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-49-53>

Расчет нагельных соединений с когтевыми шайбами в LVL-конструкциях может выполняться для балки на упруговязком основании [1]. При этом для описания деформирования элементов в соединении требуется определение коэффициента постели C и предела прочности $R_{см}$. Существующие работы [2–8] освещают определение и учет данных характеристик при кратковременных и длительных воздействиях, однако в работах не учитывается влияние изменения влажности в материале LVL в широком диапазоне, а также промежуточные углы действия силы к волокнам, отличные от 0 и 90 градусов.

Целью данной работы является определение кратковременного коэффициента постели и предела прочности для цилиндрического и треугольного штампов при различных направлениях приложения

среза на гранях штампа. В реальном когте шайбы нагрузка воспринимается всей ее площадью контакта с постелью, и только две грани способны инициировать напряжения от среза. Для учета этой особенности предусмотрен пропил посередине образца, чтобы снизить возможный эксцентриситет. Установка штампа предусматривает совмещение одной грани заподлицо с пропилом; оставшиеся грани включаются в работу аналогично, как в реальном соединении.

Для обеспечения варьирования влажности образцов LVL использовалось выдерживание элементов в ваннах с водой. Контроль достижения необходимого уровня влаги производился по расчетной массе образца во влагонасыщенном состоянии. Заготовки образцов для влажности 8% кондиционировались в лабораторных условиях в течение двух недель после

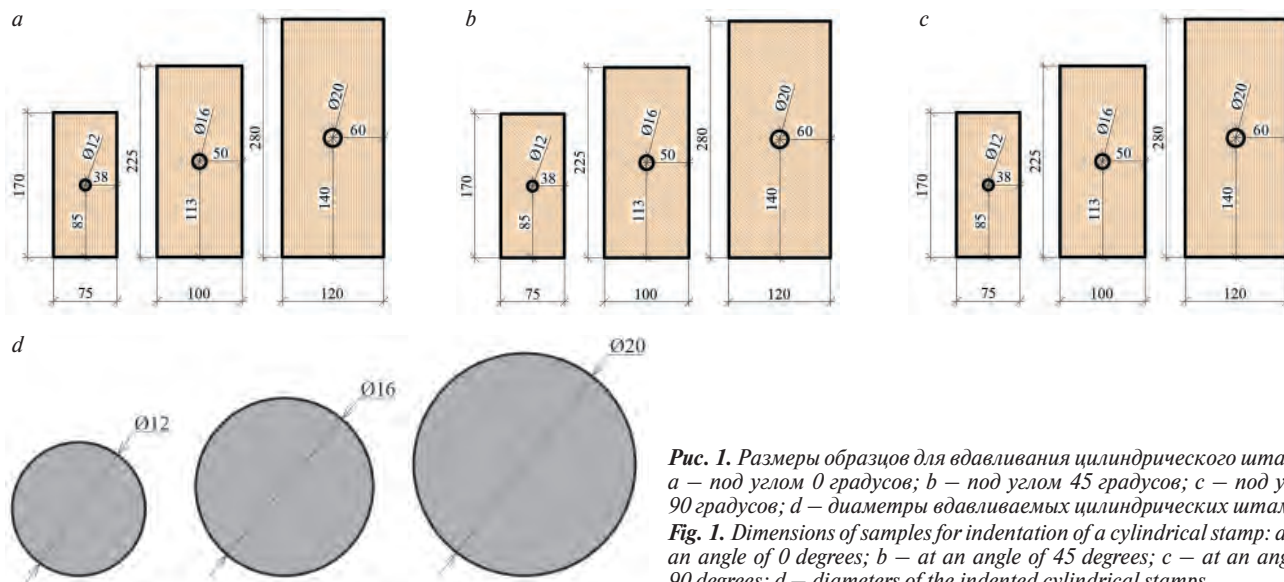


Рис. 1. Размеры образцов для вдавливания цилиндрического штампа: *a* – под углом 0 градусов; *b* – под углом 45 градусов; *c* – под углом 90 градусов; *d* – диаметры вдавливаемых цилиндрических штампов
Fig. 1. Dimensions of samples for indentation of a cylindrical stamp: *a* – at an angle of 0 degrees; *b* – at an angle of 45 degrees; *c* – at an angle of 90 degrees; *d* – diameters of the indented cylindrical stamps

усилий к волокнам, габаритам когтя шайбы и различным уровням влажности LVL.

Для определения кратковременного предела прочности при смятии штампами различных форм производились машинные испытания. В качестве материала применялся LVL брус Ultralam производства завода «Талион-Терра» (г. Торжок, Россия). В качестве штампов использовались стальные заготовки, выполняемые из стали С245. Размеры треугольных штампов соответствуют габаритам когтей для шайб диаметрами 50, 95, 117 мм. Для предотвращения влияния деформативности самого когтя предусмотрена утолщенная заготовка 6 мм, обладающая необходимой жесткостью. Образцы были изготовлены по размерам, приведенным на рис. 1, 2. Испытания с цилиндрическими штампами подготавливались из расчета по три повтора на испытание (всего 81 образец). Для треугольных штампов предусматривалось по пять повторов (135 образцов).

При смятии треугольным штампом напряжения распределяются под площадью штампа и происходит

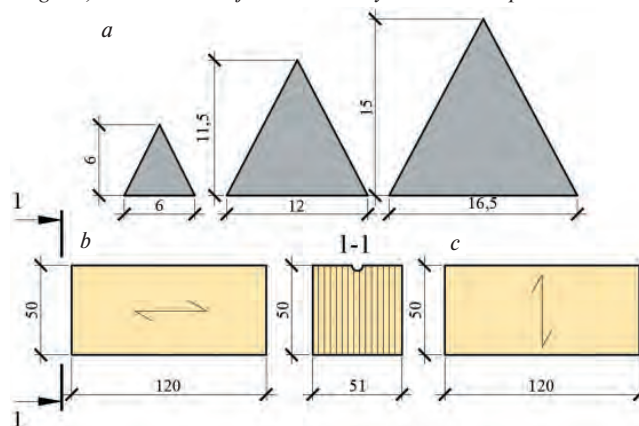


Рис. 2. Размеры образцов для вдавливания треугольного штампа: *a* – треугольные штампы, соответствующие диаметрам когтевых пластин (слева направо) 50, 95, 117 мм; *b* – образец LVL для смятия треугольным штампом поперек волокон; *c* – образец LVL для смятия треугольным штампом вдоль волокон
Fig. 2. Dimensions of samples for pressing a triangular stamp: *a* – triangular stamps corresponding to the diameters of the claw plates (from left to right) 50, 95, 117 mm; *b* – LVL sample for crushing with a triangular stamp across the fibers; *c* – LVL sample for crushing with a triangular stamp along the fibers

доставки материала. Образцы с 15% влажностью вымачивались в течение 30 мин, образцы с 30% влажностью – 26 ч, затем герметично оборачивались в пленку и кондиционировались в течение двух недель. Перед испытаниями производилась контрольная проверка влажности вблизи нагельного гнезда игольчатым влагомером.

Исследования проводились в испытательных машинах Instron 5989. Процесс испытаний приведен на рис. 3, 4. Перед началом испытаний определялось значение максимального предела прочности для разных типов образцов. Образец доводился

до уровня нагрузки 40% от максимальной и разгружался до 10% согласно принятой практике исследований [9–11]. Далее проводилась основная фаза испытания. При подаче нагрузки фиксировалось смещение, по которому определялось значение прочности и коэффициенты постели. Скорость нагружения принята 1 мм/мин. Время до разрушения 1,5–2 мин. Образцам не передавались существенные деформации, чтобы минимизировать возможные деформации цилиндрических штампов.

По результатам проведенных исследований определены пределы прочности и коэффициенты постели в зависимости от угла действия нагрузки, размеров штампа, влажности; представлены на рис. 5, 6.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что повышение влажности и угла действия нагрузки снижает предел прочности и коэффициент постели. Увеличение размера штампа также снижает показатели прочности и жесткости, однако отмечается инверсия в результатах для треугольного штампа при направлении усилий вдоль волокон. Также из графика видно, что коэффициент по-

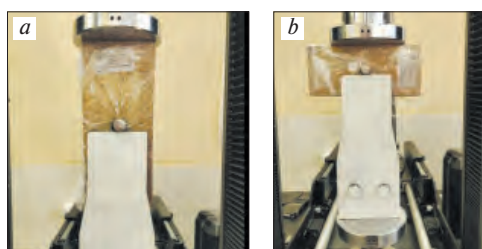


Рис. 3. Образцы с цилиндрическим штампом при W30% во время испытаний: а – угол действия нагрузки к волокнам 0 градусов; б – угол действия нагрузки к волокнам 90 градусов

Fig. 3. Samples with a cylindrical stamp at W30% during testing: a – the angle of action of the load to the fibers is 0 degrees; b – the angle of action of the load to the fibers is 90 degrees

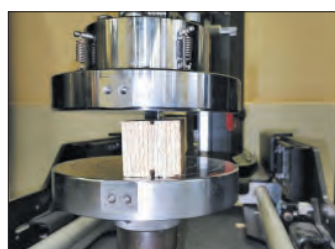


Рис. 4. Образец с треугольным штампом при W8% во время испытаний

Fig. 4. A sample with a triangular stamp at W8% during testing

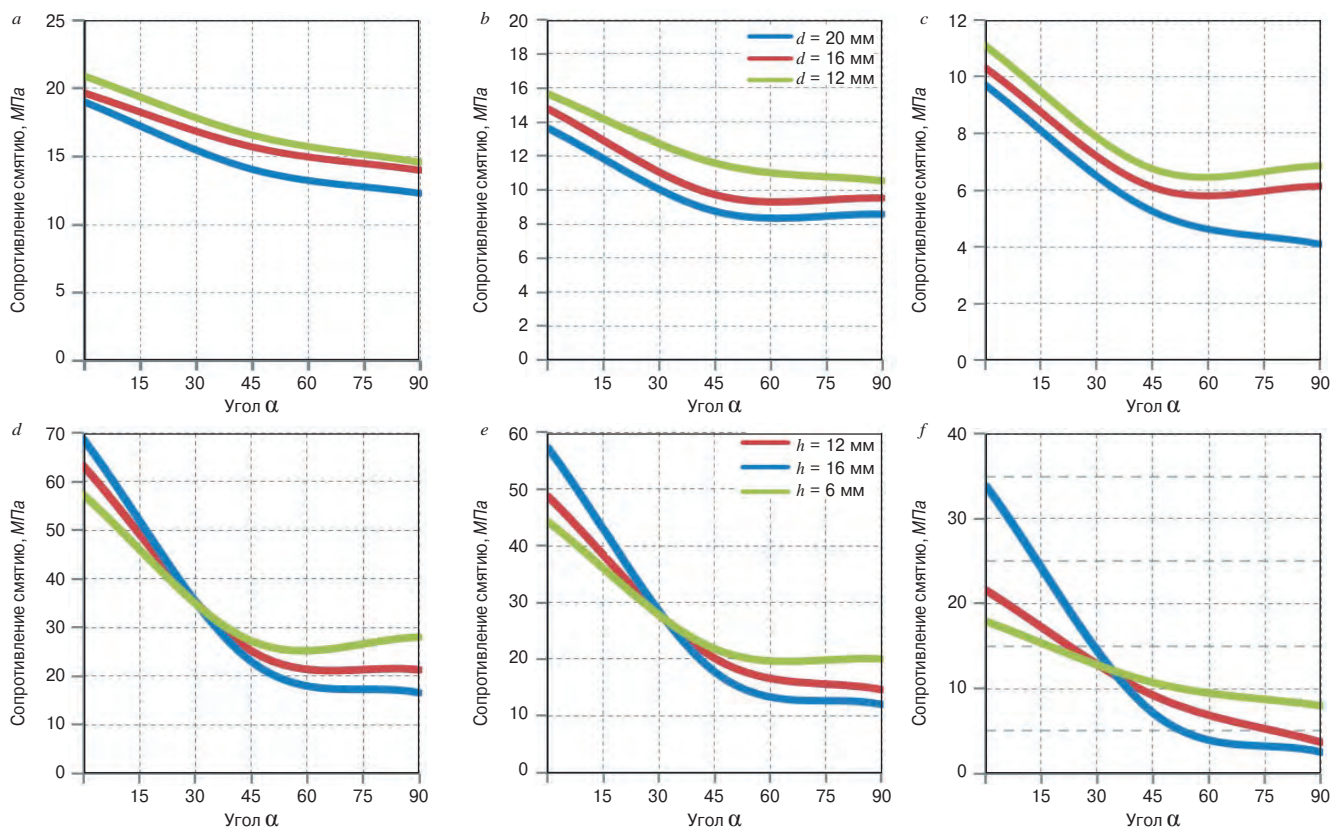


Рис. 5. Кратковременный предел прочности по результатам испытаний: а – цилиндрический штамп, W8%; б – цилиндрический штамп, W15%; в – цилиндрический штамп, W30%; д – треугольный штамп, W8%; е – треугольный штамп, W15%; ф – треугольный штамп, W30%

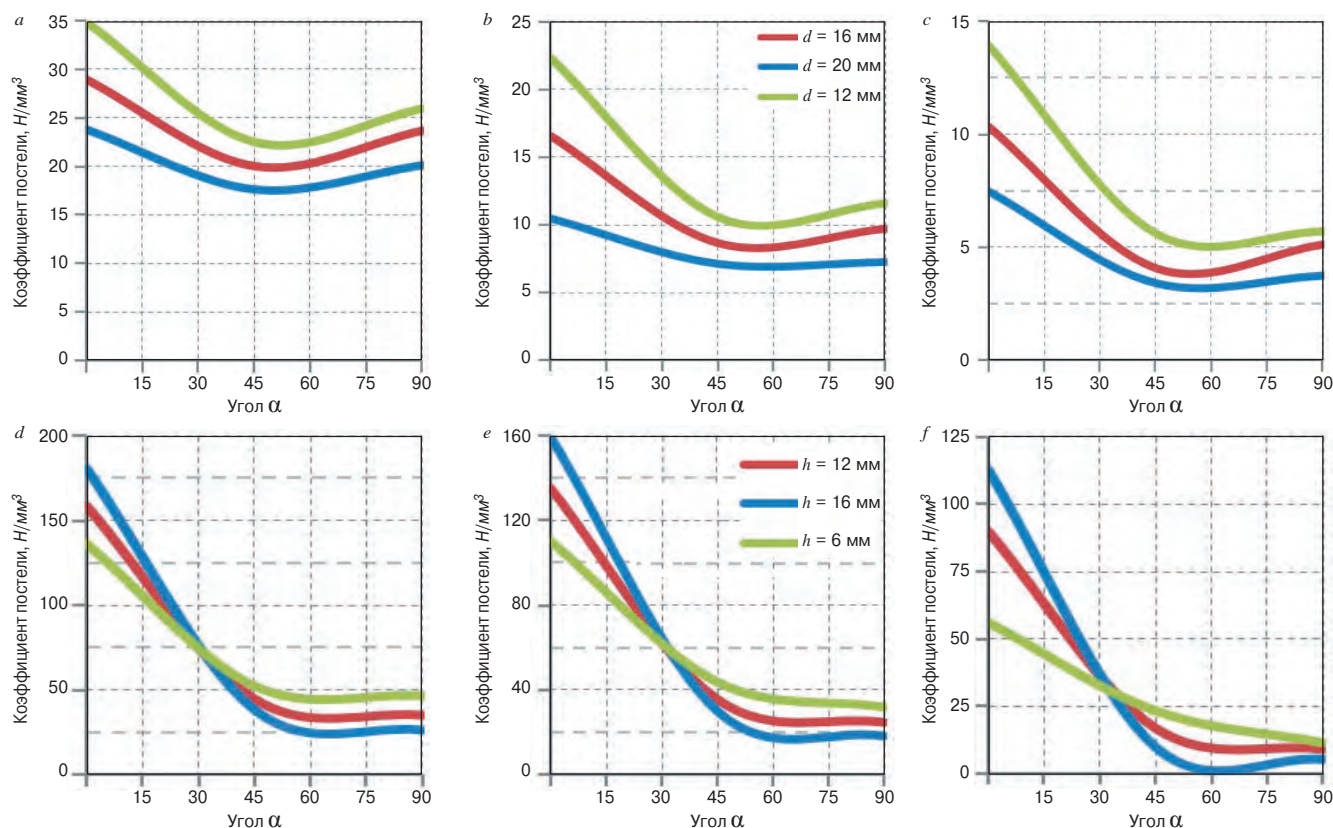


Рис. 6. Коэффициенты постели по результатам испытаний: *a* – цилиндрический штамп, *W*8%; *b* – цилиндрический штамп, *W*15%; *c* – цилиндрический штамп, *W*30%; *d* – треугольный штамп, *W*8%; *e* – треугольный штамп, *W*15%; *f* – треугольный штамп, *W*30%
Fig. 6. Bed coefficients according to the test results: *a* – cylindrical stamp, *W*8%; *b* – cylindrical stamp, *W*15%; *c* – cylindrical stamp, *W*30%; *d* – triangular stamp, *W*8%; *e* – triangular stamp, *W*15%; *f* – triangular stamp, *W*30%

стели и предел прочности для треугольного штампа при угле α в 33 градуса не зависят от их габаритов.

Описание полученных результатов возможно аппроксимировать уравнением для трехфакторной модели по алгоритму [12]. Предел прочности для цилиндрического штампа описывается уравнением:

$$R = ((0,00006\alpha^2 - 0,0044\alpha - 0,126)d + (-0,0002\alpha^2 - 0,025\alpha + 7,775)) \times \chi_{W, (0,0000195\alpha^2 - 0,0014\alpha - 0,0036)d + (-0,00022\alpha^2 + 0,014\alpha - 0,434)}, \quad (1)$$

где $R_{см}$ – предел прочности, МПа; α – угол действия силы к волокнам, градус; d – диаметр штампа, мм; w – влажность, %.

Предел прочности для треугольного штампа описывается уравнением:

$$R = ((0,001\alpha^2 - 0,0749\alpha + 1,73)h + (-0,036\alpha^2 + 4,28\alpha - 194,53))w + (0,0001\alpha^2 - 0,038\alpha + 1,1)h + (0,0089\alpha^2 - 1,065\alpha + 65,5), \quad (2)$$

где h – высота треугольного штампа, мм.

Коэффициент постели для цилиндрического

штампа описывается уравнением:

$$C = ((0,00008\alpha^2 + 0,0113\alpha - 0,4474)d + (0,002\alpha^2 - 0,2828\alpha + 11,28)) \times \chi_{W, (0,000003\alpha^2 - 0,0002\alpha - 0,0216)d + (-0,00004\alpha^2 - 0,0095\alpha - 0,435)}. \quad (3)$$

Коэффициент постели для треугольного штампа описывается уравнением:

$$C = ((0,0028\alpha^2 - 0,2507\alpha + 5,875)h + (-0,0792\alpha^2 + 9,367\alpha - 394,58))w + (0,0011\alpha^2 - 0,1667\alpha + 3,925)h + (0,0171\alpha^2 - 2,288\alpha + 140,06). \quad (4)$$

Таким образом, получены величины кратковременных коэффициентов постели и сопротивления LVL для смятия цилиндрическим и треугольным штампами при различных направлениях волокон, влажности и размерах штампов. Определены уравнения многофакторной регрессии. Полученные данные могут использоваться для расчета нагельных соединений в LVL-конструкциях с когтевыми шайбами путем подстановки полученных данных в расчетные формулы [1, 13].

Список литературы

1. Черных А.Г., Данилов Е.В., Коваль П.С. Расчет жесткости соединений конструкций из LVL с когтевыми шайбами // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2020. № 4. С. 157–167. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-157-167
2. Данилов Е.В. Исследование длительной прочности LVL при смятии цилиндрическим штампом //

References

1. Chernykh A.G., Danilov E.V., Koval P.S. Calculation of the stiffness of joints of structures made of LVL with claw washers. *Izvestiya vuzov. Lesnoy Zhurnal*. 2020. No. 4, pp. 157–167. (In Russian). DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-157-167
2. Danilov E.V. Investigation of the long-term strength of LVL when crushed by a cylindrical die. *Vestnik grazh-*

- Вестник гражданских инженеров*. 2014. № 4 (45). С. 38–42.
3. Данилов Е.В. Исследование кратковременной прочности LVL при смятии треугольным штампом // *Вестник гражданских инженеров*. 2014. № 1 (42). С. 28–33.
 4. Крицин А.В. Расчет сквозных деревянных конструкций на металлических зубчатых пластинах с учетом упруго-вязких и пластических деформаций: Дис. ... канд. техн. наук. Н. Новгород, 2004. 180 с.
 5. Шешукова Н.В., Михайлов Б. К. Длительная прочность и деформативность деревянных конструкций на нагельных соединениях. СПб.: СПбГАСУ, 2006. 169 с.
 6. Владимирова О.В., Попов Е.В., Лабудин Б.В. Оптимизация формы когтевой шайбы из условия предельно допустимого сдвига. *Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: Материалы Международных академических чтений*. Курск, 18 ноября 2020 г. С. 11–20.
 7. Попов Е.В., Русланова А.В., Сопилов В.В., Ждралович Н. и др. Контактное взаимодействие когтевой шайбы с древесиной от предельного сдвига // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2020. № 4. С. 178–189. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-178-189
 8. Chybiński Marcin, Polus Łukasz. Mechanical behaviour of aluminium-timber composite connections with screws and toothed plates. *Materials*. 2022. Vol. 15. Iss. 1. <https://doi.org/10.3390/ma15010068>
 9. Telichenko V.I., Rimshin V.I., Karelskii A.V. et al. Strengthening technology of timber trusses by patch plates with toothed-plate connectors. *Journal of Industrial Pollution Control*. 2017. Vol. 33 (1), pp. 1034–1041.
 10. Blaß H.J., Ehlbeck J., Schlager M. Characteristic strength of tooth-plate connector joints. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 1993. Vol. 51, pp. 395–399 <https://doi.org/10.1007/BF02628236>
 11. Mettem C.J., Page A.V. Davis G. Validatory tests and proposed design formulae for the load-carrying capacity of toothed-plate connected joints. Papers of the 26th.
 12. Горожанкин С.А., Шитов А.А., Савенков Н.В. Методики для аппроксимации зависимостей нескольких переменных в программной среде MS Excel и Mathcad // *Информатика, телекоммуникации и управление*. 2016. № 3 (247). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-dlya-approksimatsii-zavisimostey-neskolkih-peremennyh-v-programmnoy-srede-ms-excel-i-mathcad>
 13. Глухих В.Н., Черных А.Г., Данилов Е.В. Деревянные конструкции с применением когтевых шайб и учетом начальных напряжений древесины: Монография. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. 284 с.
 - danskikh inzhenerov*. 2014. No. 4 (45), pp. 38–42. (In Russian).
 3. Danilov E.V. Investigation of the short-term strength of LVL under triangular die collapse. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2014. No. 1 (42), pp. 28–33. (In Russian).
 4. Kritsin A.V. Calculation of through wooden structures on metal toothed plates, taking into account elastic-viscous and plastic deformations. Diss. ... Candidate of Sciences (Engineering). Nizhny Novgorod. 2004. 180 p.
 5. Sheshukova N.V. Mikhailov B.K. Dlitel'naya prochnost' i deformativnost' derevyannykh konstruktсий na nagel'nykh soyedineniyakh [Long-term strength and deformability of wooden structures on dowel joints]. St. Petersburg: SPbGASU. 2006. 169 p.
 6. Vladimirova O.V., Popov E.V., Labudin B.V. Optimization of the shape of the claw washer from the condition of the maximum allowable shear. *Security of the building stock in Russia. Problems and Solutions: Proceedings of International Academic Readings*. Kursk, November 18, 2020, pp. 11–20. (In Russian).
 7. Popov E.V., Ruslanova A.V., Sopilov V.V., Zhdralovich N. et al. Contact interaction of a claw washer with wood from limit shear. *Izvestiya vuzov. Lesnoy Zhurnal*. 2020. No. 4 (376), pp. 178–189. (In Russian). DOI 10.37482/0536-1036-2020-4-178-189
 8. Chybiński Marcin, Polus Łukasz. Mechanical behaviour of aluminium-timber composite connections with screws and toothed plates. *Materials*. 2022. Vol. 15. Iss. 1. <https://doi.org/10.3390/ma15010068>
 9. Telichenko V.I., Rimshin V.I., Karelskii A.V. et al. Strengthening technology of timber trusses by patch plates with toothed-plate connectors. *Journal of Industrial Pollution Control*. 2017. Vol. 33 (1), pp. 1034–1041.
 10. Blaß H.J., Ehlbeck J., Schlager M. Characteristic strength of tooth-plate connector joints. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 1993. Vol. 51, pp. 395–399 <https://doi.org/10.1007/BF02628236>
 11. Mettem C.J., Page A.V. Davis G. Validatory tests and proposed design formulae for the load-carrying capacity of toothed-plate connected joints. Papers of the 26th.
 12. Gorozhankin S.A., Shitov A.A., Savenkov N.V. Techniques for Approximation of Dependences of Several Variables in MS Excel and Mathcad. *Informatika, telekommunikatsii i upravleniye*. 2016. No. 3 (247). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-dlya-approksimatsii-zavisimostey-neskolkih-peremennyh-v-programmnoy-srede-ms-excel-i-mathcad>
 13. Glukhikh V.N., Chernykh A.G., Danilov E.V. Derevyannyye konstruktсии s primeneniym kogtevykh shayb i uchetom nachal'nykh napryazheniy drevesiny: monografiya [Wooden structures using claw washers and taking into account the initial stresses of wood: monograph]. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 2018. 284 p.

УДК 711.168

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-54-60>

И.М. ЧАХКИЕВ, канд. техн. наук (chim_06@mail.ru),
В.Ю. ДОРОНИН, магистрант (9074470@mail.ru),
Д.Н. МАТЮШКИН, магистрант (9245864@mail.ru)

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4)

Организационно-технологические решения реконструкции жилых зданий исторического центра Санкт-Петербурга

Уникальность исторического центра Санкт-Петербурга заключается в пространственной гармонии города и его окрестностей, где малые города и поселения чередуются с незастроенными территориями, сельскохозяйственными и лесными угодьями, а также акваторией. Именно эта исторически сложившаяся целостность с 1990 г. состоит под охраной ЮНЕСКО. В этой связи сохранение старой жилой застройки Санкт-Петербурга – важная градостроительная задача города. Одним из направлений в решении этой проблемы в современных условиях, в связи с нарастанием морального и физического износа устаревшего жилищного фонда, является его реконструкция. Современная реконструкция зданий – трудоемкий и сложный сегмент строительства, так как требует крупных инвестиций, проходит достаточно долго ввиду осуществления массы технологических операций и необходимости согласования действий с соответствующими службами. При реконструкции зданий обычно сохраняют наружные стены неизменными или усиливают их при необходимости изнутри, не изменяя облик здания, сохраняя его историческую и культурную ценность, а также архитектурную выразительность. В работе приведены основные этапы реконструкции жилых зданий, которые рассмотрены на конкретном примере.

Ключевые слова: здание, архитектура, реконструкция, обследование, конструкции, техническое состояние, модернизация.

Для цитирования: Чахкиев И.М., Доронин В.Ю., Матюшкин Д.Н. Организационно-технологические решения реконструкции жилых зданий исторического центра Санкт-Петербурга // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 54–60. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-54-60>

V.U. CHAKHKIEV, Candidate of Sciences (Engineering), (chim_06@mail.ru),

V.U. DORONIN, Master's student, (9074470@mail.ru), D.N. MATIUSHKIN, Master's student, (9245864@mail.ru)

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeyskaya Street, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation)

Organizational and Technological Solutions for the Reconstruction of Residential Buildings in the Historical Center of St. Petersburg

The uniqueness of the historical center of St. Petersburg lies in the spatial harmony of the city and its surroundings, where small towns and settlements alternate with undeveloped territories, agricultural and forest lands, as well as the water area. It is this historically formed integrity that has been under UNESCO protection since 1990. In this regard, the preservation of the old residential buildings of St. Petersburg is an important urban planning task of the city. One of the directions in solving this problem in modern conditions, due to the increase in moral and physical deterioration of the outdated housing stock, is its reconstruction. Modern reconstruction of buildings is a labor-intensive and complex segment of construction, as it requires considerable investment, takes quite a long time due to the implementation of a lot of technological operations and the need to coordinate actions with the relevant services. During the reconstruction of buildings, the external walls are usually kept unchanged or strengthened, if necessary, from the inside, without changing the appearance of the building, preserving its historical and cultural value, as well as architectural expressiveness. The paper presents the main stages of reconstruction of residential buildings, which are considered on a concrete example.

Keywords: building, architecture, reconstruction, inspection, structures, technical condition, modernization.

For citation: Chakhkiev V.U., Doronin V.U., Matiushkin D.N., Organizational and technological solutions for the reconstruction of residential buildings in the historical center of St. Petersburg. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 54–60. (In Russian).

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-54-60>

Более 30 лет назад одним из первых в практике ЮНЕСКО случаев предоставления статуса памятника огромному культурно-природному ландшафту, на территории которого ведется активное хозяйствование и проживают сотни тысяч людей, стал объект

«Исторический центр Санкт-Петербурга». Художественная и эстетическая ценность исторической застройки, состоящей из зданий, которые являются памятниками архитектуры и визитными карточками города, неоспорима. С историческим обликом зда-

ния связана память не только о его зодчем, но и о выдающихся людях, проживавших в этом доме или посещавших его. В этой связи сохранение старой жилой застройки Санкт-Петербурга важная градостроительная задача города. Одним из направлений в решении этой проблемы в современных условиях, в связи с нарастанием морального и физического износа устаревшего жилищного фонда, является его реконструкция.

К старому жилищному фонду Санкт-Петербурга относят здания дореволюционной постройки, изначально используемые как доходные дома, в которых могли размещаться и небольшие квартиры коридорного типа с темными проходными кухнями, и просторное двухуровневое жилье. Кроме доходных домов старый жилищный фонд города включает «уплотненные» особняки, перестроенные казармы, надстроенные каретные сараи, продовольственные склады и другие здания, переориентированные впоследствии на жилые многоквартирные дома.

История формирования старого жилищного фонда Петербурга характеризуется многочисленными перестройками, главная задача которых – уплотнение жилья, в разной степени благоустроенного и, как правило, не обеспечивающего достаточного комфорта проживания в нем с точки зрения санитарно-гигиенических требований. При этом особенности застройки старой части города всегда ограничивали процесс воспроизводства жилищного фонда, определяя с экономической точки зрения баланс между необходимыми объемами нового строительства и капитальным ремонтом или реконструкцией жилья в соответствии с ТСН 30-306–2002 «Реконструкция и застройка исторически сложившихся районов Санкт-Петербурга» [1–4].

По данным инвентаризации, объекты старого жилищного фонда в Петроградском и Василеостровском районах составляют более 65%, а в Адмиралтейском и Центральном – более 95% жилой застройки этой территории Петербурга. Реконструкция старой застройки направлена на повышение уровня комфорта жилища при условии сохранения исторического облика реконструируемых зданий [5–7].

Конкретные мероприятия по осуществлению модернизации старого жилья назначаются в зависимости от уровня морального или физического износа здания и его исторической значимости [8, 9].

Одно из мероприятий по модернизации – реконструкция старого жилья с использованием встроеного каркаса из монолитного железобетона, который позволяет изменять поэтажные планы здания при сохранении первоначального облика здания.

Реконструкция жилых зданий – это изменение объемно-планировочной структуры здания, а также его

конструктивно-технических и инженерных решений с целью устранения физического и морального износа.

Реконструкция жилых зданий и жилой застройки в целом позволяет решать следующие задачи:

– повышение комфортности проживания за счет изменения планировки и модернизации инженерного оборудования здания;

– повышение количества проживающих (увеличение плотности застройки) с помощью надстройки этажей, пристройки дополнительных объемов;

– улучшение благоустройства территорий;

– в процессе реконструкции решаются и другие задачи, связанные с сокращением энергопотребления в зданиях вследствие: утепления ограждающих конструкций; модернизации систем инженерного оборудования и применения контрольно-измерительных приборов [10].

В соответствии с п. 14 ст. 1 ГрК РФ под реконструкцией объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) понимается изменение параметров объекта капитального строительства, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов. Реконструкция объектов капитального строительства регулируется ст. 52 ГрК РФ «Осуществление строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта капитального строительства» (Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 30.12.2021), с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022).

ГрК РФ не предусматривает отдельной разрешительной документации для реконструкции объектов капитального строительства. Застройщик при реконструкции, так же как и при строительстве, получает разрешение на строительство, а по окончании реконструкции – разрешение на ввод объекта в эксплуатацию. Именно эти документы будут указаны в качестве правоустанавливающих в едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН).

Реконструкция здания проводится в связи с необходимостью замены и приведения коммуникаций и инженерного оборудования в соответствие современным нормам и требованиям; улучшения планировки здания, увеличения площади, изменения этажности и высоты помещений; теплоизоляции ограждающих конструкций; обновления инженерных сетей и т. д.

Реконструкцию жилого здания можно условно разделить на следующие этапы.

1. Сбор исходных данных, обследование и оценка технического состояния здания.

2. Разработка и согласование проектно-сметной документации.

3. Производство работ.

4. Приемка и освидетельствование выполненных работ.

Сбор исходных данных, обследование и оценка технического состояния здания. Специалисты знакомятся с поставленной задачей и пожеланиями заказчика, изучается существующая документация на здание и его основные особенности, текущая планировка и использование.

Основными исходными данными, влияющими на стоимость проектных и строительно-монтажных работ при реконструкции, являются архитектурно-строительные чертежи существующего здания, обмерные чертежи; отчет об обследовании строительных конструкций здания (с выполнением поверочных расчетов и разработкой мероприятий по обеспечению безопасности при дальнейшей эксплуатации); акты и ведомости дефектации систем инженерно-технического обеспечения; отчеты об инженерно-геологических, инженерно-геодезических, инженерно-экологических и инженерно-гидрометеорологических изысканиях; технические условия на подключение проектируемого объекта к источникам и сетям инженерно-технического обеспечения.

В ходе сбора исходных данных изучаются технический паспорт жилого здания и архивные архитектурные данные. При этом архивные данные сверяют с натурными обследованиями и устанавливают несоответствия, при необходимости выполняются обмерные чертежи здания.

Обследование и оценка технического состояния здания и строительных конструкций – важный этап, в ходе которого проводится определение действительного технического состояния конструктивных элементов здания, их способности воспринимать действующие нагрузки и обеспечивать нормальную эксплуатацию здания.

В процессе оценки технического состояния зданий определяют физико-механические и физико-технические свойства конструктивных элементов здания. Для этих целей используют методы натурной диагностики технического состояния здания в целом и методы неразрушающего контроля состояния конструкций и отдельных конструктивных элементов здания.

Обследование строительных конструкций подразделяется на предварительное (общее) и детальное (техническое).

В период общего обследования производится визуальный осмотр строительных конструкций и намечается план детального обследования с указа-

нием проведения первоочередных мероприятий по устранению опасных дефектов. Определяют характер и степень разрушения или повреждения здания в целом и его отдельных конструктивных элементов, а также производят оценку прочностных свойств материалов, примененных в конструкциях.

В результате обследования выявляют действительную расчетную схему здания в целом и его отдельных конструктивных элементов. Выполняют проверочные расчеты конструкций и узлов с учетом реальных расчетных схем и нагрузок, а также ослабленных сечений и других дефектов конструкций [11–13].

Разработка и согласование проектно-сметной документации производится в соответствии с утвержденным заказчиком заданием на проектирование, требованиями и нормами законодательства.

Архитектурные и объемно-планировочные решения здания должны базироваться на его дальнейшем использовании. Варианты объемно-планировочного переустройства жилых зданий старой постройки достаточно разнообразны и определяются сохранением здания без изменения его объема и композиции, но с перепланировкой помещений; здания и его функций с перепланировкой и включением его во вновь формируемый комплекс застройки; здания в виде самостоятельного объекта, но с обязательным расширением или надстройкой.

В практике реконструктивных работ, учитывающих физический износ несменяемых конструкций, используются два варианта решений: без изменения и с изменением конструктивных схем.

На основании результатов обследования и оценки технического состояния здания разрабатываются конструктивные разделы проекта, содержащие решения по усилению строительных конструкций, модернизации или полной замене инженерных сетей.

Далее разработанная проектно-сметная документация реконструкции жилого здания согласовывается со всеми надзорными организациями и заинтересованными ведомствами.

Рассмотрим реконструкцию жилого здания на примере многоквартирного дома, построенного в 1899 г., расположенного в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга по адресу: ул. Лабутина, д. 3, лит. Г в квартале, ограниченном с четырех сторон Английским проспектом (с запада), Лермонтовским проспектом (с востока), Садовой улицей (с севера) и улицей Лабутина (с юга). Г-образное в плане здание (рис. 1), размещено внутри квартала. Здание не относится к числу объектов (выявленных объектов) культурного наследия. Проект реконструкции реализован ООО «МАТИС» в 2020–2021 гг.

Сбор исходных данных, обследование и оценка технического состояния здания. Здание образовано

шестью фасадами, два из них брандмауэрные стены без отделки, на остальных фасадах штукатурный слой практически полностью утрачен. Утрачено большинство оконных заполнений. Некоторые окна заложены кирпичом. Цокольная часть трех фасадов облицована плитами травертина (путиловского камня), часть из которых утрачена и повреждена.

В здании отсутствуют входные крыльца. Окна подвала заложены кирпичом. Металлическое кровельное покрытие повреждено, частично отсутствует. Конструктивная схема здания представляет собой бескаркасное здание на бутовом фундаменте; несущие кирпичные стены 640 мм; требуют ремонта. Стропильная система балочная из деревянных элементов. Перекрытия деревянные по стальным двутавровым балкам, состояние аварийное. Лестницы по металлическим косоурам, марши из наборных ступеней из природного камня частично отсутствуют или повреждены, ограждение лестниц демонтировано. Инженерные сети внутри здания полностью отсутствуют.

Категория технического состояния строительных конструкций по результатам выполненного обследования согласно ГОСТ 31937–2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»: находится в ограниченно работоспособном состоянии; внешний вид до реконструкции показан на рис. 2.

Конструктивная схема здания – бескаркасное здание (рис. 3) на бутовом фундаменте; несущие кирпичные стены; перекрытия и стропильная система представлены балочными системами (стальные и деревянные элементы).

Разработка и согласование проектно-сметной документации. Для реконструкции и устранения аварийности здания была разработана проектно-сметная документация, которая предусматривает выполнение работ в два этапа: первый – выполнение мероприятий по снятию аварийности конструкций, ремонт фасадов, надстройка мансардного этажа; второй – репланировка квартир.



Рис. 1. Ситуационный план
Fig. 1. Situational plan

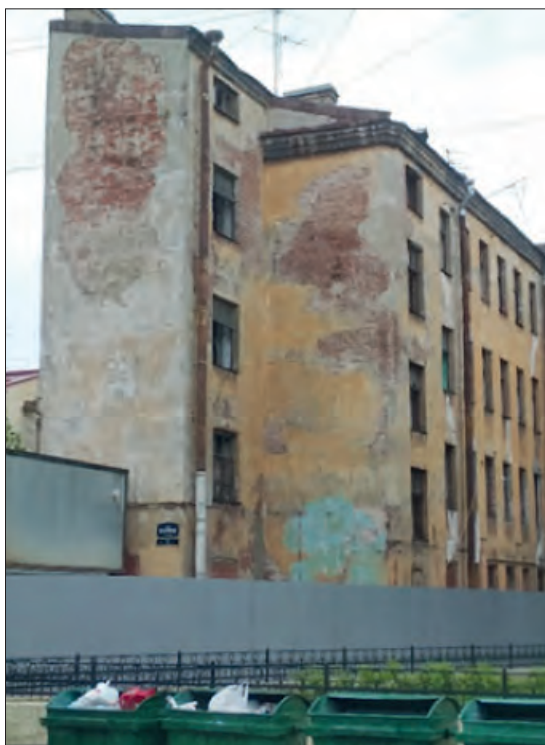


Рис. 2. Внешний вид до реконструкции
Fig. 2. Appearance before reconstruction





Рис. 3. Внутренние конструкции до реконструкции: а – лестничный настил; б – перекрытия; с – состояние внутренних стен; д – обследование фундамента

Fig. 3. Internal structures before reconstruction: a – stair flooring; b – floors; c – condition of internal walls; d – inspection of the foundation



Рис. 4. Виды после реконструкции: а – внутренний двор; б – крыша; с – санузлы; д – коридоры; е – помещения; ф – лестницы

Fig. 4. Types after reconstruction: a – courtyard; b – roof; c – bathrooms; d – corridors; e – rooms; f – stairs

В проектной документации, помимо решений по усилению строительных конструкций и конструкций кровли, были также разработаны решения по инженерным сетям в соответствии с полученными ТУ ведомств. Разделы проекта по реконструкции и перепланировке жилых помещений получили согласование Комитета по градостроительству и архитектуре администрации Санкт-Петербурга, негосударственной экспертизы и межведомственной комиссии района.

Проведение работ по реконструкции. В ходе производства работ по реконструкции были выполнены следующие работы:

- усиление фундамента путем устройства внутренней монолитной железобетонной плиты, соединенной с бутовым фундаментом при помощи шпонок, встраиваемых в прорези фундамента. Данное усиление требуется для создания жесткого диска в уровне фундамента для дополнительного обеспечения пространственной жесткости здания;
- усиление и ремонт кирпичной кладки;
- замена всех перекрытий на железобетонные толщиной 160 мм;
- демонтаж печных труб выше конька здания. Заполнение дымоходов легким бетоном;
- замена стропильной системы;
- устройство мансарды;
- замена металлического кровельного покрытия и системы наружного водостока;
- замена, восполнение всех заполнений оконных и дверных проемов изделиями из ПВХ профиля, организация новых проемов, раскрытие ранее заложённых;
- устройство межкомнатных стен;
- ремонт и замена ступеней лестничных маршей, монтаж ограждения лестниц;
- монтаж всех внутренних инженерных систем;
- восстановление облицовки цоколя плитами травертина;
- оштукатуривание и окраска всех фасадов и внутренних помещений;
- утепление фасада минераловатным утеплителем 50 мм, оштукатуривание по сетке;
- замена крылец;

Список литературы

1. Головина С.Г. Архитектурно-конструктивные особенности этапов развития исторической жилой застройки Санкт-Петербурга XVIII – начала XX в. // *Вестник гражданских инженеров*. 2019. № 6 (77). С. 36–43.
2. Перов В.А. Современное состояние и содержание процессов ремонта объектов жилищного фон-

– устройство козырьков из закаленного триплекс-стекла на металлических подвесах над всеми входами в здание;

– организация отмостки и замена дворового покрытия.

Приемка и освидетельствование выполненных работ. В декабре 2020 г. выполнено освидетельствование строительных конструкций и анализ проектной и исполнительной документации здания после выполнения ремонтных мероприятий. Основная цель освидетельствования – оценка технического состояния строительных конструкций.

На основании освидетельствования и анализа проектной и исполнительной документации сделан вывод о качественном выполнении ремонтных мероприятий в полном объеме и снятии аварийного состояния. На момент освидетельствования (декабрь 2020 г.) несущие строительные конструкции здания, расположенного по адресу: г. Санкт-Петербург, ул. Лабутина, д. 3, лит. Г, находятся в работоспособном техническом состоянии.

На сегодняшний день выполнены все строительные-ремонтные работы по переустройству и перепланировке жилых и нежилых помещений, осуществлена приемка выполненных монтажных работ и подписан акт о завершении переустройства и перепланировки помещений (рис. 4).

Выводы

Реконструкция жилых зданий и застройки является актуальной, достаточно сложной и многоплановой проблемой. Существует множество прогрессивных методов и технологий восстановления и повышения эксплуатационной надежности, энергоэффективности и архитектурной выразительности жилых зданий и застройки.

Решение проблемы старого жилищного фонда исторической застройки Санкт-Петербурга, направленной на повышение уровня комфортного проживания в жилых зданиях, возможно путем реконструкции старого жилья с использованием встроенного полного каркаса из монолитного железобетона, который позволяет менять планировочную структуру здания при сохранении его первоначального облика.

References

1. Golovina S.G. Architectural and structural features of the stages of development of the historical residential development of St. Petersburg of the XVIII – early XX centuries. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2019. No. 6 (77), pp. 36–43. (In Russian).
2. Perov V.A. The current state and content of the processes of repair of housing stock objects. *Prob-*

- да // *Проблемы современной экономики*. 2010. № 3 (35). С. 387–392.
3. Осипов Ю.Л. Капитальный ремонт многоквартирных домов в Санкт-Петербурге: проблемы и развитие // *Проблемы современной экономики*. 2013. № 3 (47). С. 393–394.
 4. Веденева О.В. Совершенствование экономико-организационного механизма реконструкции и капитального ремонта жилищного фонда // *Муниципальная экономика*. 2012. № 4 (52). С. 92–98.
 5. Ларина Н.А. Экономические проблемы реконструкции и восстановления жилищного фонда различных форм собственности на примере исторического центра Санкт-Петербурга // *Проблемы современной экономики*. 2013. № 3. С. 336–339.
 6. Бузырев В.В. Реновация жилых домов как важный фактор увеличения жизненного цикла жилищного фонда в регионе // *Проблемы современной экономики*. 2012. № 4 (44). С. 285–288.
 7. Мухаев А.И., Попова И.В., Дедичкина Ю.В. Анализ современного состояния и перспектив развития жилищного строительства в Российской Федерации // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 3. С. 332.
 8. Матвеев Е.П., Мешечек В.В. Технические решения по усилению и теплозащите конструкций жилых и общественных зданий. М.: Старая Басманная, 1998. 208 с.
 9. Акуленкова И.В., Дроздов Г.Д., Малафеев О.А. Проблемы реконструкции жилищно-коммунального хозяйства мегаполиса. СПб.: СПбГУЭС, 2007. 187 с.
 10. Золотозубов Д.Г. Безгодов М.А. Реконструкция зданий и сооружений. Пермь: ПНИПУ, 2013. 161 с.
 11. Шестеров Е.А., Панин А.Н. Особенности обследования технического состояния строительных конструкций зданий исторической застройки Санкт-Петербурга. *Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: Сборник материалов международной научной конференции*. М.: МГСУ, 2017. С. 298–302.
 12. Zahra T., Asad M., Thamboo J. Effect of geometry on the compression characteristics of bonded brickwork // *Structures*. 2021. Vol. 32, pp. 1408–1419.
 13. Wang J., Heath A., Walker P. Experimental investigation of brickwork behaviour under shear, compression and flexure // *Construction and Building Materials*. 2013. Vol. 48, pp. 448–456.
 14. *Проблемы современной экономики*. 2010. No. 3 (35), pp. 387–392. (In Russian).
 3. Osipov Yu.L. Overhaul of apartment buildings in St. Petersburg: problems and development. *Problemy sovremennoi ekonomiki*. 2013. No. 3 (47), pp. 393–394. (In Russian).
 4. Vedeneva O.V. Improvement of the economic and organizational mechanism of reconstruction and capital repairs of the housing stock. *Munitsipal'naya ekonomika*. 2012. No. 4 (52), pp. 92–98. (In Russian).
 5. Larina N.A. Economic problems of reconstruction and restoration of housing stock of various forms of ownership on the example of the historical center of St. Petersburg. *Problemy sovremennoi ekonomiki*. 2013. No. 3, pp. 336–339. (In Russian).
 6. Buzyrev V.V. Renovation of residential buildings as an important factor in increasing the life cycle of housing stock in the region. *Problemy sovremennoi ekonomiki*. 2012. No. 4 (44), pp. 285–288. (In Russian).
 7. Mukhaev A.I., Popova I.V., Dedichkina Yu.V. Analysis of the current state and prospects of housing construction development in the Russian Federation. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. No. 3, p. 332. (In Russian).
 8. Matveev E.P., Meshchek V.V. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Technical solutions for strengthening and thermal protection of structures of residential and public buildings]. Moscow: Staraya Basmannaya. 1998. 208 p.
 9. Akulenkova I.V., Drozdov G.D., Malafeev O.A. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Problems of reconstruction of housing and communal services of the metropolis]. Saint Petersburg: SPbGUSE. 2007. 187 p.
 10. Zolotozubov D.G. Bezgodov M.A. *Rekonstruktsiya zdaniy i sooruzheniy* [Reconstruction of buildings and structures]. Perm: PNRPU. 2013. 161 p.
 11. Shesterov E.A., Panin A.N. Features of the survey of the technical condition of building structures of buildings of historical development of St. Petersburg. *Integration, partnership and innovation in construction science and education. Collection of materials of the international scientific conference*. Moscow: MGSU. 2017, pp. 298–302. (In Russian).
 12. Zahra T., Asad M., Tambu J. The influence of geometry on the compression characteristics of bonded brickwork. *Structures*. 2021. Vol. 32, pp. 1408–1419.
 13. Wang J., Heath A., Walker P. Experimental investigation of the behavior of brickwork during shear, compression and bending. *Construction and building materials*. 2013. Vol. 48, pp. 448–456.

УДК 624.05

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-61-64>

С.А. СЫЧЁВ¹, д-р техн. наук (sasychev@yandex.ru); Г.М. БАДЬИН³, д-р техн. наук;
АЛЬ-ХАБИБ Ахмед А.¹, аспирант (abojaber877@gmail.com);
АБАСС Агадир А.^{1,2}, аспирант (aghadeera@gmail.com)

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
(620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Мира, 19)

² Диали Университет (32001, Ирак, г. Диали)

³ Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН) (127025, г. Москва, ул. Новый Арбат, 19)

Технология ускоренного винтового и болтового соединений железобетонных элементов колонно-ригельного типа

Предложено жесткое винтовое соединение, состоящее из сборных железобетонных колонн, соединенных между собой винтовым соединением, а также сборных ригелей, содержащих закладные детали, соединенные между собой винтами, и сборных плит перекрытия, содержащих в своих четырех углах закладные детали. Применение такого узла приводит к повышению качества монтажа быстровозводимых зданий и снижению сроков строительства.

Ключевые слова: винтовое соединение, сборный железобетонный каркас, быстровозводимые здания.

Для цитирования: Сычёв С.А., Бадьин Г.М., Аль-Хабиб Ахмед А., Абасс Агадир А. Технология ускоренного винтового и болтового соединений железобетонных элементов колонно-ригельного типа // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 61–64. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-61-64>

S.A. SYCHEV¹, Doctor of Sciences (Engineering) (sasychev@yandex.ru); G.M. BADIN³, Doctor of Sciences (Engineering) (gennady.badin@mail.ru);
AL-HABEEB Ahmed A.¹, Postgraduate, (abojaber877@gmail.com); ABASS Agadeer A.^{1,2}, Postgraduate (aghadeera@gmail.com)

¹ Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin¹ (19, Mira Street, Yekaterinburg, Sverdlovsk oblast 620002, Russian Federation)

² University of Diyala (Diyala city, 32001, Iraq)

³ Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (19, Noviy Arbat Street, Moscow, 127025, Russian Federation)

Technology of Accelerated Screw and Bolt Connections of Reinforced Concrete Elements of Column-Crossbar Type

A rigid screw connection consisting of prefabricated reinforced concrete columns interconnected by a screw connection, as well as prefabricated crossbars containing embedded parts connected by screws, as well as prefabricated floor slabs containing embedded parts in their four corners is proposed. The use of such a unit leads to an increase in the quality of installation of prefabricated buildings and a reduction in construction time.

Keywords: screw connection, prefabricated reinforced concrete frame, prefabricated buildings.

For citation: Sychev S.A., Badin G.M., Al-Habeeb Ahmed A., Abass Agadeer A., Technology of accelerated screw and bolt connections of reinforced concrete elements of column-crossbar type. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 61–64. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-61-64>

Развитие строительной отрасли сборных железобетонных конструкций привело к повышению эффективности производства, улучшению качества продукции и снижению трудоемкости. Производство железобетонных изделий стало более устойчивым благодаря механизации и стандартизации технологий сборных конструкций. Структурная целостность, соответствующая прочность, рассеивание энергии, жесткость и пластичность предполагаемых сборных железобетонных конструкций зависят от соединений [1–5].

Соединения должны соответствовать различным конструктивным и эксплуатационным характеристикам, таким как гибкость в сопротивлении конечному

расчетному усилию, эффективность производства и хорошее структурное поведение компонентов в процессе эксплуатации, а также соответствие стандартам безопасности и долговечности [6, 7].

Методы и технология ускоренного винтового и болтового соединений железобетонных элементов

Предлагаемая технология соединения рассчитана на 16-этажное здание, в котором контакт винтов и болтов со сборными железобетонными элементами достигается за счет сборки железобетонных деталей, составляющих конструкцию здания, с использованием ряда стыков и закладных деталей.

Колонна состоит из двух элементов, так что верхняя часть имеет сечение меньше, чем сечение колонны, чтобы поддерживать ригели в процессе монтажа. В верхней концевой части колонна представлена стальной внешней резьбой цилиндрической формы и крепится к бетонной части колонны с помощью закладной детали, которая имеет несколько стальных стержней, сваренных со стальным цилиндрическим основанием. В нижней части колонны имеется закладная деталь с внутренней резьбой, что необходимо для обеспечения соединения колонн между этажами (рис. 1).

Колонна и ригель имеют закладные детали из стержней. Каждые два стержня содержат уголки с отверстиями для пропуска затяжного винта. Второстепенный ригель (связевая балка) имеет закладную деталь из стержней, в которой каждые три стержня включают на конце два приваренных уголка с отверстиями на конце его бокового края для пропуска за-

тяжного винта [6]; третья закладная деталь состоит из затяжного винта с затяжкой с обеих сторон при помощи распределительной шайбы и гайки (рис. 2).

На рис. 3 показан собранный железобетонный узел стыка колонны, ригелей и плит перекрытий со всеми частями закладных элементов.

На рис. 4 показаны закладные детали: закладная деталь (а), для основного ригеля состоит из железных стержней 4, на конце которых уголки 5 с отверстиями 7 для пропуска затяжного винта 8.

Закладная деталь (b) для второстепенного ригеля состоит из железных стержней 4, на конце которых уголок 6 с отверстием 7 сбоку для пропуска затяжного винта 8.

Третья закладная деталь (c) состоит из затяжного винта 8 с затяжкой с обеих сторон при помощи распределительных шайб 9 и гайки 10.

Сборные плиты перекрытий устанавливаются на ригели, затем опускается верхняя колонна перекрытия и устанавливается на нижнюю колонну методом резьбового соединения, что способствует более надежному монтажу плит.

Плиты перекрытия имеют закладные детали, которые фиксируются металлическими стержнями с бетонной частью (рис. 5).

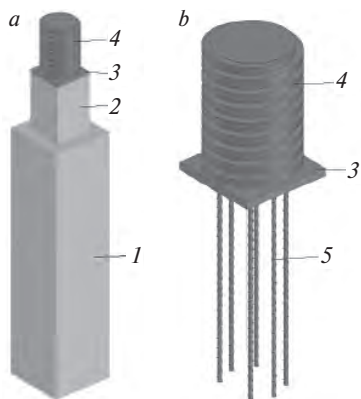


Рис. 1. Колонна (а); закладная деталь (b): 1 – нижняя часть колонны; 2 – верхняя часть колонны; 3 – закладная деталь; 4 – цилиндрическое резьбовое соединение; 5 – стальные стержни

Fig. 1. Column (a); embedded part (b): 1 – the lower part of the column; 2 – upper part of the column; 3 – embedded part; 4 – cylindrical threaded connection; 5 – steel rods

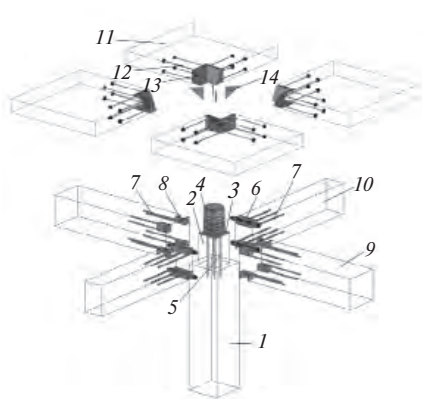


Рис. 2. Схема сборки железобетонных строительных элементов: 1 – нижняя часть колонны; 2 – верхняя часть колонны; 3 – закладная деталь; 4 – цилиндрическое винтовое соединение; 5 – стальные стержни; 6 – затяжной винт; 7 – стальные стержни; 8 – сварной уголок; 9 – ригель первого типа; 10 – ригель второго типа; 11 – плита перекрытия; 12 – стальные стержни; 13 – закладные детали; 14 – металлическая пластина

Fig. 2. The assembly scheme of reinforced concrete building elements: 1 – lower part of the column; 2 – upper part of the column; 3 – embedded part; 4 – cylindrical screw connection; 5 – steel rods; 6 – tightening screw; 7 – steel rods; 8 – welded corner; 9 – crossbar of the first type; 10 – crossbar of the second type; 11 – floor slab; 12 – steel rods; 13 – embedded parts; 14 – metal plate

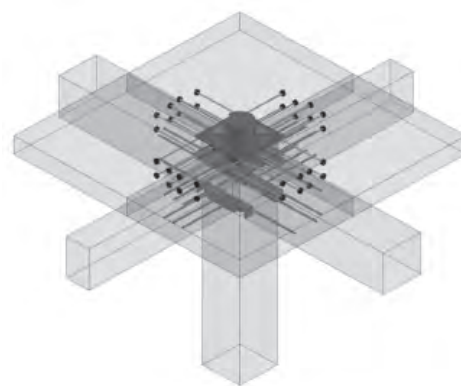


Рис. 3. Стык железобетонных строительных элементов в собранном виде

Fig. 3. Joint of reinforced concrete building elements in assembled form

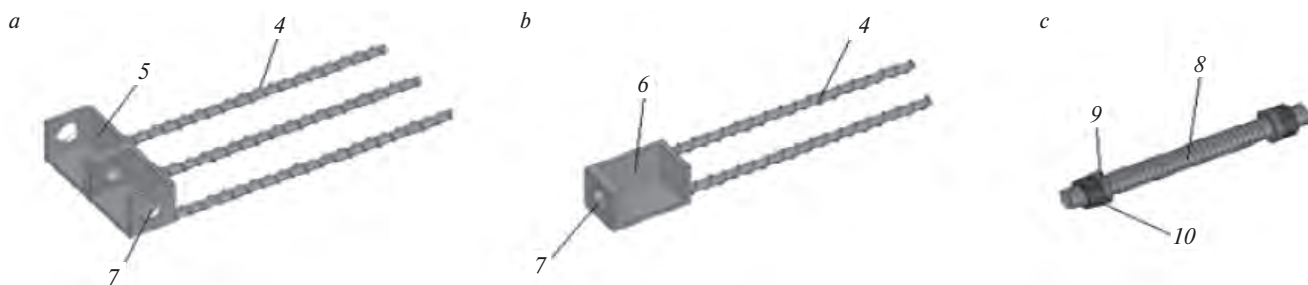


Рис. 4. Закладные детали в углах ригеля

Fig. 4. Embedded parts in the corners of the crossbar

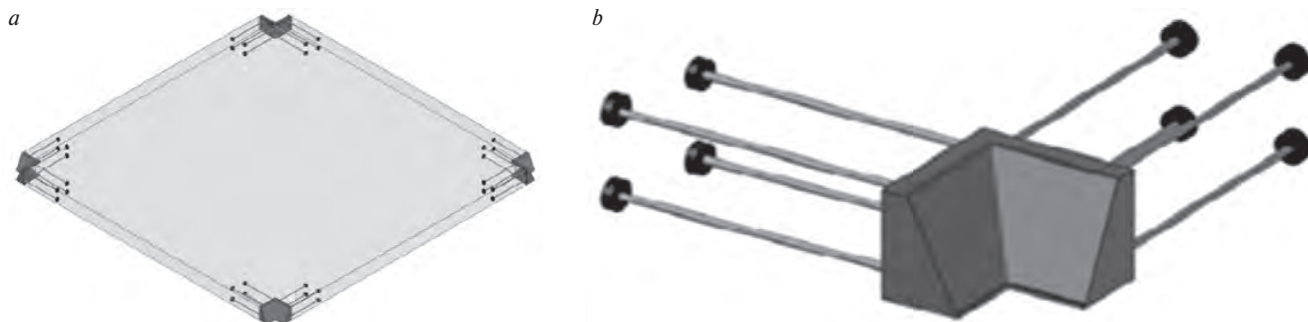


Рис. 5. Плита перекрытия (a); закладная деталь (b)
Fig. 5. Floor slab (a); embedded part (b)

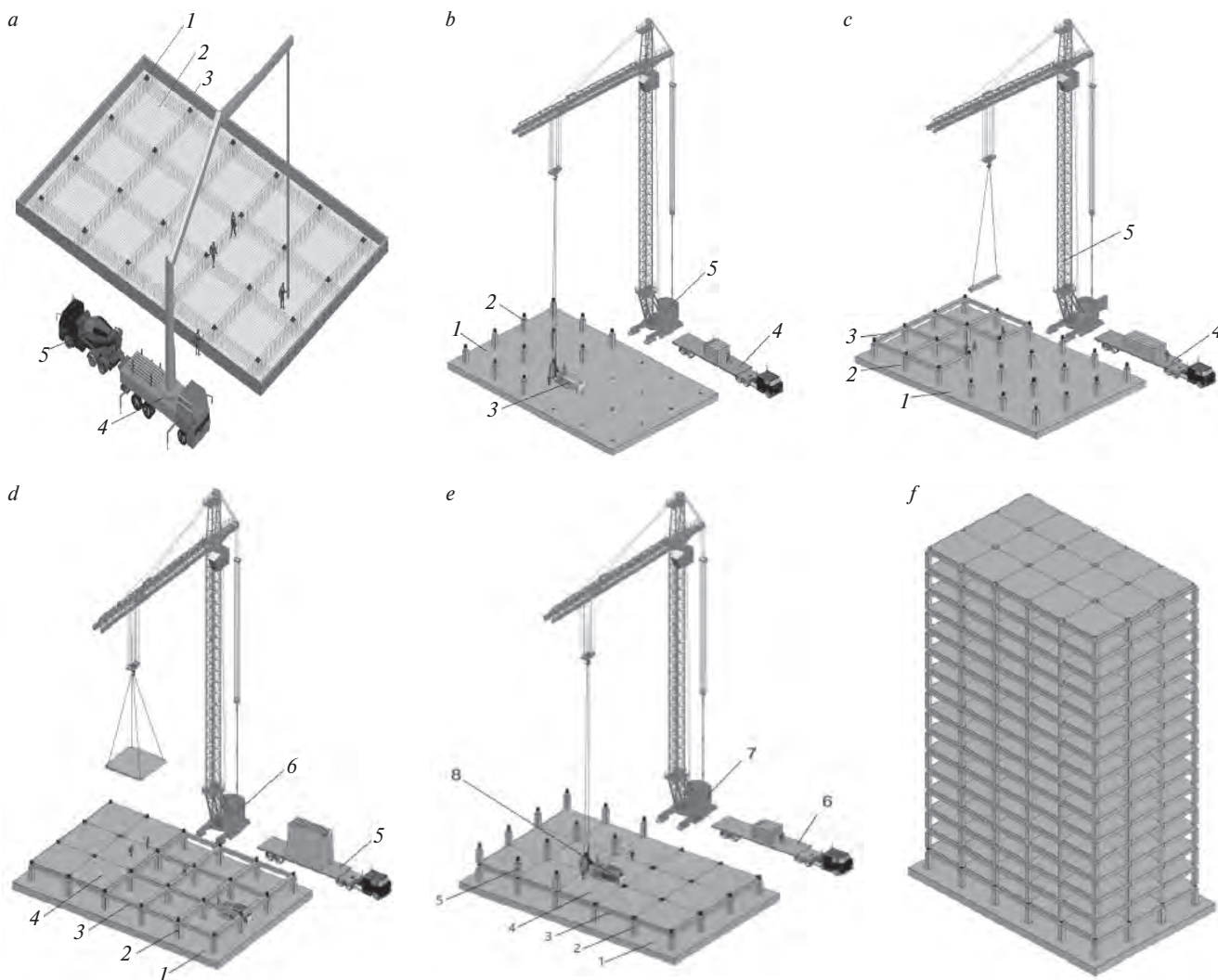


Рис. 6. Этапы возведения полносборного здания: а – фундамент (1 – закладные детали нижней части колонны; 2 – армирование; 3 – металлическая опалубка; 4 – бетононасос; 5 – грузовая бетономешалка); б – монтаж колонн первого этажа (1 – фундамент; 2 – колонны; 3 – специальная машина для монтажа колонн; 4 – грузовая платформа; 5 – башенный кран); в – монтаж ригелей (1 – фундамент; 2 – колонны; 3 – ригели; 4 – грузовая платформа; 5 – башенный кран); д – монтаж плит перекрытия (1 – фундамент; 2 – колонны; 3 – ригели; 4 – плиты перекрытия; 5 – грузовая платформа; 6 – башенный кран); е – монтаж колонн второго этажа (1 – фундамент; 2 – колонны; 3 – ригели; 4 – плиты перекрытия; 5 – колонны второго этажа; 6 – грузовая платформа; 7 – башенный кран; 8 – специальная машина для монтажа колонн); ф – завершённое здание

Fig. 6. Stages of erection of a prefabricated building: a – foundation (1 – embedded parts of the lower part of the column, 2 – reinforcement, 3 – metal formwork, 4 – concrete pump, 5 – cargo concrete mixer); b – installation of columns of the first floor (1 – foundation, 2 – columns, 3 – special machine for installing columns, 4 – loading platform, 5 – tower crane); c – installation of crossbars (1 – foundation, 2 – columns, 3 – crossbars, 4 – loading platform, 5 – tower crane); d – installation of floor slabs (1 – foundation, 2 – columns, 3 – crossbars, 4 – floor slabs, 5 – loading platform, 6 – tower crane); e – installation of columns of the second floor (1 – foundation, 2 – columns, 3 – crossbars, 4 – floor slabs, 5 – columns of the second floor, 6 – loading platform, 7 – tower crane, 8 – special machine for mounting columns); f – completed building

Процесс монтажа многоэтажного здания происходит в несколько этапов с помощью специального оборудования, в частности харвестеров для монтажа колонн [7]. В предлагаемой методике после завершения процесса армирования фундамента и крепления винтовых закладных деталей к колоннам приступают к заливке бетона.

На рис. 6 показаны этапы технологии монтажа полносборного быстровозводимого здания и необходимое оборудование.

Представленная система механических винтовых соединений сборных строительных элементов, оптимизирующая монтажный процесс, позволяет получить гибкую систему, адаптированную к форме здания.

Выводы

Разработаны винтовые соединения для полносборных 16-этажных зданий, состоящие из сборных железобетонных колонн, ригелей и плит перекрытия.

Представленная современная каркасная система позволяет в условиях Ирака ускорить строительный цикл и сократить сроки возведения здания на 50%. Уменьшая количество соединений, удается уменьшить мокрые и сварочные работы; снизить трудоемкость за счет максимального использования механизации; добиться сокращения времени монтажа.

Список литературы

1. Сычёв С.А. Перспективные высокотехнологичные строительные системы быстровозводимых трансформируемых многоэтажных зданий // *Жилищное строительство*. 2018. № 4. С. 36–40.
2. Олейник П.П. Индустриально-мобильные методы возведения предприятий, зданий и сооружений. М.: АСВ, 2021. 488 с.
3. Топчий Д.В., Кочурина Е.О., Залманов А.А. Технология «Top and down» // *Технология и организация строительного производства*. 2016. № 1 (11). С. 7–10.
4. Лapidус А.А., Васнева Д.А. Оптимизация строительных потоков путем сокращения сроков производства бетонных работ // *Технология и организация строительного производства*. 2016. № 1 (11). С. 3–6.
5. Сычёв С.А., Бадьян Г.М. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 464 с.
6. Сычёв С.А., Бадьян Г.М., Абасс Агадир А., Аль-Хабиб Ахмед А. Пассивные методы монтажа элементов объемно-блочного домостроения в условиях ограниченности энергоресурсов // *Жилищное строительство*. 2022. № 10. С. 27–32. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-10-27-32>
7. Сычёв С.А. Технологические принципы ускоренного домостроения, перспектива автоматизированной и роботизированной сборки зданий // *Про-*

мышленное и гражданское строительство. 2016. № 3. С. 66–70.

8. Guan D., Jiang C., Guo Z., Ge H., Development and seismic behavior of precast concrete beam-to-column connections. *Journal of Earthquake Engineering*, 2016. No. 22, pp. 234–256.
9. Girgin S.C., Misir I.B., Kahraman S., Experimental cyclic behavior of precast hybrid beam-column connections with welded components. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 2017. No. 11 (2), pp. 229–245.

References

1. Sychev S.A. Perspective high-tech building systems for prefabricated transformable multi-storey buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2018. No. 4, pp. 36–40.
2. Oleinik P.P. Industrial'no-mobil'nye metody vozvedeniya predpriyatii, zdanii i sooruzhenii [Industrial-mobile methods of construction of enterprises, buildings and structures]. Moscow: ASV. 2021. 488 p.
3. Topchiy D.V., Kochurina E.O., Zalmanov A.A. Technology "Top and down". *Technologiya i organizatsia stroitel'nogo proizvodstva*. 2016. No. 1 (11), pp. 7–10.
4. Lapidus A.A., Vasneva D.A. Optimization of construction flows by reducing the time of concrete work. *Technologiya i organizatsia stroitel'nogo proizvodstva*. 2016. No. 1 (11), pp. 3–6.
5. Sychev S.A., Bad'in G.M. Tekhnologii stroitel'stva i rekonstruktsii ehnergoehffektivnykh zdanii [Technologies of construction and reconstruction of energy-efficient buildings]. Saint Petersburg: BHV-Peterburg. 2017. 464 p.
6. Sychev S.A., Badin G.M., Abass Agadeer A., Al-Habeeb Ahmed A. Passive methods of mounting elements of volume-block housing construction in conditions of limited energy resources. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 10, pp. 27–32. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-10-27-32>
7. Sychev S.A. Technological principles of accelerated housing construction, the prospect of automated and robotic assembly of buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 3, pp. 66–70. (In Russian).
8. Guan D., Jiang C., Guo Z., Ge H., Development and seismic behavior of precast concrete beam-to-column connections. *Journal of Earthquake Engineering*. 2016. No. 22, pp. 234–256.
9. Girgin S.C., Misir I.B., Kahraman S., Experimental cyclic behavior of precast hybrid beam-column connections with welded components. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 2017. No. 11 (2), pp. 229–245.

УДК 551.34

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-65-70>

И.И. САХАРОВ, д-р техн. наук (i.sakharov2014@yandex.ru),
В.М. ПОЛУНИН, инженер (n1ce2u@yandex.ru), П.В. ЛИТВИНОВ, студент
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4)

Математическое моделирование изменения температуры грунтовой среды на языке программирования Python

Представлен расчетный модуль для прогноза изменения температуры в грунтовом основании численным моделированием с помощью конечных элементов. Дан подробный алгоритм реализации температурной задачи с указанием принятых физических уравнений; принятых методов генерации локальных матриц жесткости и матриц масс; методов генерации локальных векторов правой части; принятого метода решения задачи во времени. Приведено описание используемых научных программных библиотек на языке программирования Python, для генерации сетки конечных элементов для расчетных областей. Верификация результатов расчета, полученных авторами, подтверждается высокой сходимостью величин температуры в грунтовом основании, которые получены в расчетном модуле «Termoground».

Ключевые слова: вечномерзлый грунт, уравнение Фурье, изменение температуры, модель прогнозирования, численное решение, Python.

Для цитирования: Сахаров И.И., Полунин В.М., Литвинов П.В. Математическое моделирование изменения температуры грунтовой среды на языке программирования Python // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 65–70. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-65-70>

I.I. SAKHAROV, Doctor of Sciences (Engineering), (i.sakharov2014@yandex.ru), V.M. POLUNIN, Engineer (n1ce2u@yandex.ru),
P.V. LITVINOV, Student, (litvinov.pasha2010@yandex.ru)
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeyskaya Street, St. Petersburg, 190005, Russian Federation)

Mathematical Modeling of Changes in the Temperature of the Soil Environment in the Python Programming Language

A calculation module for predicting temperature changes in the soil base using numerical modeling with the help of finite elements is presented. A detailed algorithm for the implementation of the temperature problem is presented, indicating the accepted physical equations; accepted methods for generating local stiffness matrices and mass matrix; methods for generating local vectors of the right side; accepted method of solving the problem in time. The description of the used scientific software libraries in the python programming language for generating a finite element mesh for computational domains is given. Verification of the calculation results obtained by the authors is confirmed by the high convergence of the temperature values in the soil base, which were obtained in the Termoground calculation module.

Keywords: permafrost, Fourier equation, temperature change, prediction model, numerical solution, Python.

For citation: Sakharov I.I., Polunin V.M., Litvinov P.V., Mathematical modeling of changes in the temperature of the soil environment in the Python programming language. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 65–70. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-65-70>

В России большую часть суши занимают вечномерзлые грунты. На этой территории, называемой криолитозоной, к настоящему времени возведено большое количество самых разных объектов – зданий, мостов, дорог и т. п. Большинство зданий и сооружений Севера построено по принципу I, что предполагает сохранение мерзлого состояния основания в течение всего периода их эксплуатации [1]. Однако несущая способность свай, а также осадки фундаментов любой конструкции сильно зависят от температуры мерзлых грунтов. Расчеты показывают, что повышение темпе-

ратуры грунта основания в области отрицательных значений, т. е. до наступления оттаивания, ведет к падению несущей способности свай в несколько раз, что закономерно приводит к авариям зданий [2, 3]. Один из примеров влияния изменения температуры основания многоквартирного дома в поселке Амдерма на побережье Карского моря показан на рис. 1, где произошло разрушение здания на свайном фундаменте из-за понижения несущей способности свай.

Рассмотренный пример характеризует влияние растепления основания под действием техногенного

фактора – тепла, выделяемого самим зданием. Однако в настоящее время в мире отмечается глобальное потепление, особенно ощутимое в российской криолитозоне. Это явление представляет опасность для всех объектов Севера, построенных по принципу I [4]. В связи с этим оценка температурных полей в основании, сложенном мерзлыми грунтами, представляет большой интерес, так как позволяет оценить несущую способность и осадки фундаментов.

В рассматриваемом в данной работе случае для описания распространения тепла в массиве грунта ввиду отсутствия фазовых превращений, связанных с переходом льда в воду, вполне допустимо использование уравнения кондуктивной теплопроводности Фурье [5]. Однако даже в этом случае исследование полей температуры ввиду присутствия слоев грунта с разными теплофизическими характеристиками, наличия выделяющего тепло сооружения, тренда повышения температуры воздуха и т. д. необходимо выполнять с использованием численных методов [6–8]. Для исследования температурных полей в геотехнике широко используются программные комплексы, такие как «Freeze» и «Termoground» [9].

Стоит отметить важность разработки собственного модуля для прогноза температуры. Большинство существующих коммерческих программных комплексов имеют закрытый исходный код, и в них отсутствует возможность удобного способа внесения изменений в модели материалов или расчетных алгоритмов. Разработка собственной программы позволяет постоянно совершенствовать, самостоятельно вносить правки, которые позволяют учитывать нюансы распределения температуры грунта во времени. В дальнейшем собственный модуль позволит учитывать изменения температуры в задачах определения деформаций, что особенно актуально при оттаивании и промораживании грунтов. Поэтому основная цель работы заключается в описании всего цикла разработки численного решения задачи распространения температуры в грунтовой среде.

Далее представлены принимаемые в расчетном модуле теории и предпосылки для описания распределения температуры в грунтовой среде. В [10, 11] приводится вывод дифференциального уравнения нестационарной линейной теплопроводности. Уравнение Фурье в общем виде (сильная постановка) [12] описывает промерзание-оттаивание для нестационарного теплового режима:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (\lambda \nabla T) = f, \quad (1)$$

где ρ – плотность грунта; c – теплоемкость грунта; T – температура; ∇ – градиент температуры; $\lambda(x, y)$ – тензор теплопроводности; $\nabla \cdot$ – дивергент; f – функция внутренних источников тепла; x, y – де-

картовы координаты точки расчетной области (узла конечного элемента).

Для решения задачи приняты граничные условия:

1. Граничное условие Дирихле, известна температура грунта T_d на поверхности массива:

$$\partial\Omega_d : T = T_d, \quad (2)$$

где $\partial\Omega_d$ – граница Дирихле на расчетной области; T_d – температура на границе Дирихле.

2. Граничное условие Неймана, задает интенсивность теплового потока g [13]:

$$\partial\Omega_d : (\lambda \nabla T) \cdot \vec{n} = g, \quad (3)$$

где $\partial\Omega_d$ – граница Неймана на расчетной области; λ – теплопроводность; ∇T – градиент температуры; \vec{n} – нормаль к поверхности Неймана; g – тепловой поток.

Также нужно знать распределение температуры в начальный момент времени T_0 :

$$T|_{t_0} = T_0(x, y), \quad (4)$$

где $T|_{t_0}$ – область с температурой в начальный момент времени; T_0 – температура грунтовой среды в начальный момент времени.

Слабая постановка задачи для дифференциального уравнения теплопроводности

Систему линейных уравнений для задачи теплопроводности (1) можно получить из минимизации функционала (слабой постановки) (В.Б. Андреев. Лекции по методу конечных элементов. Москва: МАКС Пресс, 2010. 264 с.), удовлетворяющего граничным условиям, при этом вариационное соотношение выполняется для любой функции V , если эта функция имеет нулевой след на границе Дирихле $V|_{\partial\Omega_d} = 0$.

$$\int_{\Omega} c\rho \frac{\partial T}{\partial t} \cdot V d\omega + \int_{\Omega} \nabla \cdot (\lambda \nabla T)^T \cdot \nabla V d\omega = \int_{\Omega} f \cdot V d\omega + \int_{\partial\Omega} g \cdot V dS, \quad (5)$$

где Ω – расчетная область; c – теплоемкость; V – тестовая функция; $\nabla \cdot$ – дивергент; λ – теплопроводность; ∇T – градиент температуры; f – внутренние источники тепла; g – граничное условие Неймана; dS – граница расчетной области.

Выбор тестовой функции зависит от типа конечного элемента. В работе применяется плоский трехузловой треугольный конечный элемент. Соответственно, в качестве тестовой функции « V » – применяются кусочно-линейные базисные функции. При подставлении кусочно-линейных функций вместо тестовой функции « V » в формулу (5), если сразу учесть сетку конечных элементов, где количество узлов не на границе Дирихле будет равно « m », а на границе Дирихле равно « s », общий вид уравнения для построения конечно-элементной системы будет иметь вид (6):

$$\sum_{j=1}^m \dot{a}_j \int_{\Omega} \rho c \varphi_j \varphi_i d\omega + \sum_{j=1}^s \dot{b}_j \int_{\Omega} \rho c \tilde{\varphi}_j \tilde{\varphi}_i d\omega + \sum_{j=1}^m \dot{a}_j \int_{\Omega} (\lambda \varphi_j)^T \nabla \varphi_i d\omega + \sum_{j=1}^s \dot{b}_j \int_{\Omega} (\lambda \tilde{\varphi}_j)^T \nabla \varphi_i d\omega = \int_{\Omega} f \cdot \varphi_i d\omega + \int_{\partial\Omega} g \cdot \varphi_i dS, \quad (6)$$

где $a_1 \dots a_i$ – искомые коэффициенты решения системы уравнений; $b_1 \dots b_i$ – известные коэффициенты, которые принимаются согласно данным из условия Дирихле; $\varphi_1 \dots \varphi_i$ – базисные функции в узлах, где отсутствует граница Дирихле; $\tilde{\varphi}_1 \dots \tilde{\varphi}_i$ – известные базисные функции на границе Дирихле.

Если обозначить векторы $\vec{a} = \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_m \end{pmatrix}$ и $\vec{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_s \end{pmatrix}$, то получим:

$$M_{ij} = \int_{\Omega} \rho C \varphi_j \varphi_i d\omega; \quad (7)$$

$$\tilde{M}_{ij} = \int_{\Omega} \rho C \tilde{\varphi}_j \varphi_i d\omega; \quad (8)$$

$$K_{ij} = \int_{\Omega} (\lambda \varphi_j)^T \nabla \varphi_i d\omega; \quad (9)$$

$$\tilde{K}_{ij} = \int_{\Omega} (\lambda \tilde{\varphi}_j)^T \nabla \varphi_i d\omega, \quad (10)$$

что приводит к решению системы линейных уравнений в матричном виде [14]:

$$\begin{cases} M_{11}\dot{a}_1 + M_{12}\dot{a}_2 + M_{13}\dot{a}_3 + K_{11}a_1 + K_{12}a_2 + K_{13}a_3 = r_1 \\ M_{21}\dot{a}_1 + M_{22}\dot{a}_2 + M_{23}\dot{a}_3 + K_{21}a_1 + K_{22}a_2 + K_{23}a_3 = r_2 \\ \dots \\ M_{n1}\dot{a}_1 + M_{n2}\dot{a}_2 + M_{n3}\dot{a}_3 + K_{n1}a_1 + K_{n2}a_2 + K_{n3}a_3 = r_n \end{cases}, \quad (11)$$

$$M\dot{\vec{a}} + K\vec{a} = \vec{r}_1 + \vec{r}_2 - \tilde{K}\vec{b}, \quad (12)$$

где \vec{a} – искомые коэффициенты решения системы уравнений; \vec{b} – известные коэффициенты, даны в качестве граничных условия Дирихле; M – глобальная матрица масс; K – глобальная матрица жесткости; \tilde{K} – глобальная матрица жесткости на границе Дирихле; \vec{r}_1 и \vec{r}_2 – векторы правой части для учета внутренних источников тепла и граничного условия II рода (Неймана).

В уравнении (12) присутствует производная по времени неизвестных коэффициентов $\dot{\vec{a}}$. Производную возможно учесть с помощью неявного метода Эйлера [15]. Тогда неизвестный коэффициент $\dot{\vec{a}}$ равен:

$$\dot{\vec{a}} = \frac{\vec{a}_{i+1} - \vec{a}_i}{\Delta t}. \quad (13)$$

Подставив (13) в уравнение (12), получаем:

$$\left(\frac{1}{\Delta t} M + K \right) \vec{a}_{i+1} = \frac{1}{\Delta t} M \vec{a}_i - \tilde{K} \vec{b} + \vec{r}_{1,i+1} + \vec{r}_{2,i+1}. \quad (14)$$

Как итог получаем уравнение, решением которого является неизвестный коэффициент \vec{a}_{i+1} :

$$\vec{a}_{i+1} = \left(\frac{1}{\Delta t} M + K \right)^{-1} \left(\frac{1}{\Delta t} M \vec{a}_i - \tilde{K} \vec{b} + \vec{r}_{1,i+1} + \vec{r}_{2,i+1} \right). \quad (15)$$

Поскольку суть метода конечных элементов в дискретизации области на более мелкие зоны, которые взаимосвязаны друг с другом, далее приведена методика генерации локальных матриц жесткости. Локальная матрица жесткости генерируется по трем базисным функциям на каждом элементе K_{loc} и имеет размеры 3×3 :



Рис. 1. Разрушение многоквартирного дома (<https://goarctic.ru/politics/chem-grozit-poteplenie-stroitelstvu-na-merzlotе/>)
Fig. 1. Destruction of an apartment building (<https://goarctic.ru/politics/chem-grozit-poteplenie-stroitelstvu-na-merzlotе/>)

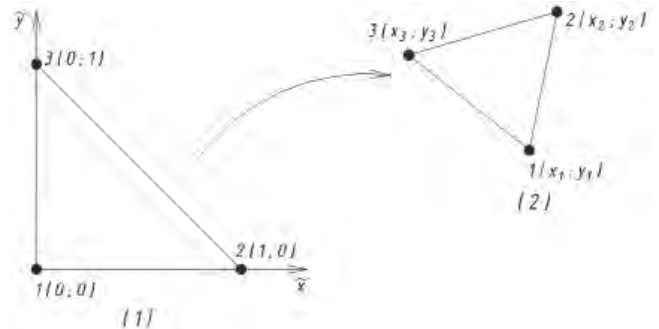


Рис. 2. Референтный треугольник (1); реальный треугольник (2)
Fig. 2. Reference triangle (1); a real triangle (2)

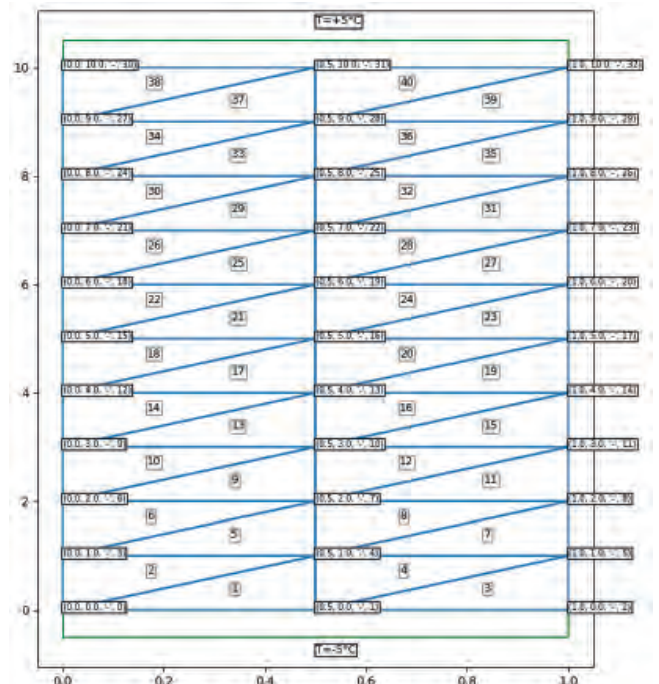


Рис. 3. Двухмерная расчетная модель и сетка конечных элементов, программа «Freeze 2.0»
Fig. 3. Two-dimensional computational model and finite element mesh program «Freeze2.0»

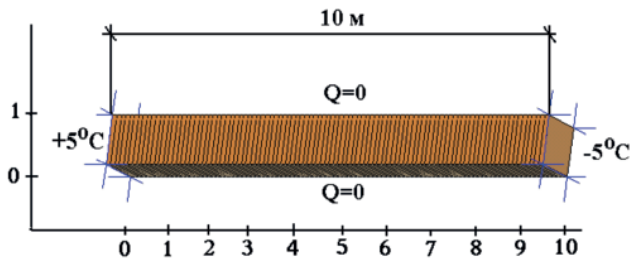


Рис. 4. Трехмерная расчетная модель распределения теплового потока в программном модуле «Termoground» [16]
Fig. 4. Three-dimensional calculation model of heat flow distribution in the program module «Termoground» [16]

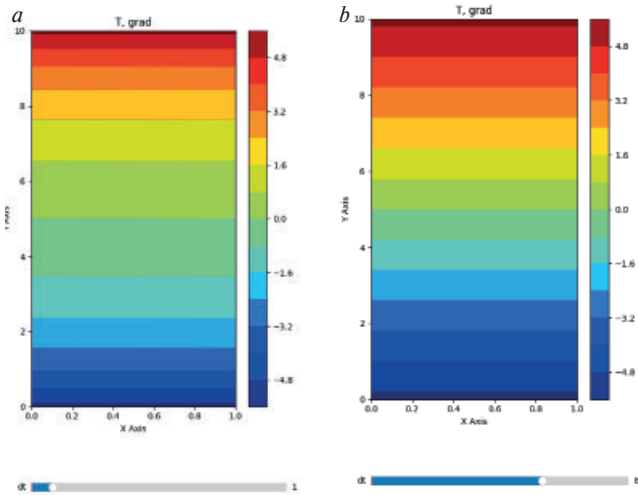


Рис. 5. Распределение температуры: а – на 1-й месяц; б – на 8-й месяц
Fig. 5. Temperature distribution for a – 1 month; b – 8 months

$$(K_{loc})_{ij} = \int_{\Omega} \alpha \nabla \varphi_j^T \nabla \varphi_i d\omega. \quad (16)$$

Для расчета интеграла (16) используется отображение на референтный элемент, или аффинное отображение. Существует аффинная система координат (референтная), такая, что в каждой точке $A(x; y)$ ставится в соответствие точка $A'(x'; y')$. Графическая интерпретация и принятый референтный элемент представлены на рис. 2.

Отображение референтного треугольника в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_2 - x_1 & x_3 - x_1 \\ y_2 - y_1 & y_3 - y_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{x} \\ \tilde{y} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}, \quad (17)$$

где $\begin{pmatrix} x_2 - x_1 & x_3 - x_1 \\ y_2 - y_1 & y_3 - y_1 \end{pmatrix} = A$ и $D = \det A > 0$.

Переход от референтного элемента к фактическому представлен следующим образом (16):

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} \alpha \nabla \varphi_j^T \nabla \varphi_i d\omega &= \int_{\Delta_{ref}} \alpha (A^{-T} \tilde{\nabla} \tilde{\varphi}_j)^T (A^{-T} \tilde{\nabla} \tilde{\varphi}_i) d\omega = \\ &= \frac{1}{2} \alpha D (A^{-T} \tilde{\nabla} \tilde{\varphi}_j)^T (A^{-T} \tilde{\nabla} \tilde{\varphi}_i), \end{aligned} \quad (18)$$

где A – матрица разности координат (17); D – определитель матрицы A .

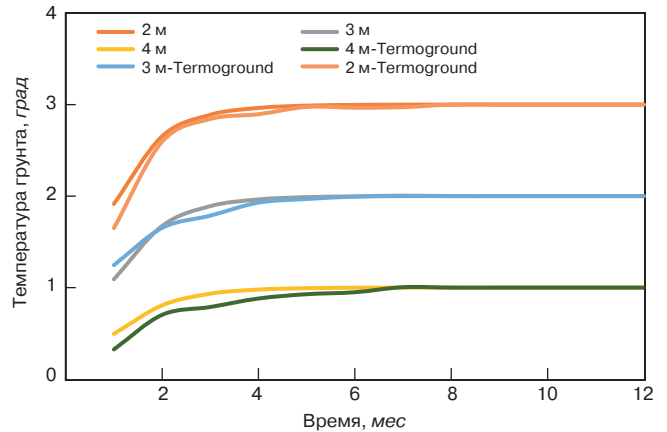


Рис. 6. Сопоставление распределения температуры грунта по длине в программе «Freeze 2.0» и «Termoground»
Fig. 6. Comparison of soil temperature distribution along the length in the Freeze 2.0 and Termoground programs

Матрица масс M_{loc} также считается через референтный треугольник, и она будет иметь вид (19):

$$M_{loc} = \frac{1}{24} D \rho c \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}. \quad (19)$$

Рассмотрим правую часть уравнения теплопроводности \vec{r}_1 и \vec{r}_2 . Локальные векторы \vec{r}_1 и \vec{r}_2 имеют размеры 3×1 на элементе. Запишем интеграл \vec{r}_1 по элементу:

$$\int_{\Omega} f \varphi_i d\omega = \int_{\Delta_{ref}} \tilde{f} \tilde{\varphi}_i D d\omega, \quad (20)$$

\tilde{f} показывает зависимость от координат, и если $\tilde{f} = \text{const}$, получим:

$$\vec{r}_{1,loc} = f D \int_{\Delta_{ref}} \tilde{\varphi}_i d\omega = \frac{Df}{6} = \frac{Df}{6} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (21)$$

Запишем интеграл \vec{r}_2 , где осуществляется учет граничного условия Неймана:

$$\vec{r}_{2,loc} = \int_{\partial\Omega_n} g \varphi_i dS = \int_{\Delta_{ref}} \tilde{g} \tilde{\varphi}_i G dS = \tilde{g} \cdot l_{i-j} \cdot 0,5. \quad (22)$$

Следующим этапом является формирование глобальной матрицы жесткости, матрицы масс и глобального вектора правой части. Формирование глобальной системы заключается в суммировании элементов из локальных матриц и вектора согласно глобальной нумерации узлов.

Для осуществления вышеизложенного расчета была разработана программа на языке программирования Python, которой дано название «Freeze 2.0». Для реализации нестационарной задачи (расчета во времени) в программе создан цикл по приращению Δt , общая формула имеет вид (23):

$$\frac{1}{\Delta t} M_{loc} + K_{loc}, \vec{r}_{loc}. \quad (23)$$

Далее происходит ассемблирование, т. е. добавляем локальные матрицы в глобальную матрицу A , которая будет в себе содержать все локальные матрицы:

$$A\vec{a}_{i+1} = \vec{r}. \quad (24)$$

Следующим шагом осуществляется выход из цикла по времени и решается линейная система (18). Как итог получается список с решением в каждой точке в заданный момент времени, данные которого можно использовать в дальнейшей визуализации результатов.

Для написания расчетного модуля были использованы:

*Numpy*¹ – это расширение языка Python², добавляющее поддержку больших многомерных массивов и матриц вместе с большой библиотекой высокоуровневых математических функций для операций с этими массивами.

Библиотека *Matplotlib*³ – это основная библиотека для визуализации графиков в Python. Включает функции для создания высококачественных визуализаций: линейных диаграмм, гистограмм и т. д. Визуализация данных и результатов – цель использования библиотеки *matplotlib*.

Библиотека *Hypermesh*⁴ позволяет генерировать сетку конечных элементов в виде структурированной сетки.

Результаты

В книге [16] приведен пример расчета одномерного распределения температуры с использованием программы «Termoground». Выполним сравнение результатов расчета распределения температуры с использованием программы «Freeze 2.0».

Горизонтальный слой грунта длиной 10 м разбит на 10 слоев толщиной по 1 м. Грунт изотропный с теплопроводностью $\lambda=1.0 \text{ Дж}/(\text{с}\cdot\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Граничные условия заданы следующим образом: сверху температура на границе $T=+5^\circ\text{C}$, снизу $T=-5^\circ\text{C}$, а на боковых гранях теплоприток Q равен нулю; время расчета 12 мес (рис. 3, 4).

Также можно посмотреть изополя распределения температуры на каждом шаге (рис. 5):

По результатам расчета видно, что температура полностью стабилизируется на 8-й месяц. Сопоставление распределения температуры в среде, полученное по расчету в «Freeze 2.0» и «Termoground» для 2; 3 и 4 м, представлено на рис. 6.

В рассматриваемом примере точное распределение температуры можно получить с помощью

аналитического выражения, которое приведено в статье [17]:

$$T = 5 - \frac{Q \cdot Z}{\lambda \cdot V}, \quad (25)$$

где Q – тепловой поток; λ – теплопроводность грунтовой среды; T – температура грунта; Z – глубина грунта; V – объем теплового потока. Аналитический расчет выполнен при следующих значениях [17]: $\lambda=1.0 \text{ Дж}/(\text{с}\cdot\text{м}\cdot^\circ\text{C})$; $Z=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 \text{ м}$; $V=1 \text{ м}^3$; $Q=1 \text{ Дж}/\text{с}$. Результаты аналитического расчета и численного моделирования в программных комплексах «Termoground» и «Freeze 2.0» имеют абсолютную сходимость между собой.

Выводы

Результаты расчетов в программном комплексе «Termoground» и «Freeze 2.0» имеют сходный характер и приведены на рис. 6. Расхождение результатов присутствует в период 1–4 мес расчета для точек на расстоянии 1,2 и 8,9 м, что может быть связано с различными параметрами сетки конечных элементов, разностью схем решения нестационарной задачи и выбором шага приращения по времени.

Язык программирования Python является эффективным инструментом для решения научных и инженерно-технических задач благодаря относительно простому синтаксису, большому количеству математических библиотек и библиотек для визуализации данных.

Данная статья является первым этапом в создании полноценного расчетного комплекса, в ней авторами верифицирован свой алгоритм и программный проект решения задачи распространения температуры в грунтовой среде. В данной статье при решении задачи температурного переноса тепла не учитывается фазовый переход при изменении температуры грунта. Учет фазовых переходов является следующей задачей дальнейшей работы.

References

1. Tsytoich N.A. Mekhanika merzlykh gruntov (obshchaya i prikladnaya) [Mechanics of frozen soils (general and applied)]. Moscow: Vysshaya shkola. 1973. 448 p.
2. Sakharov I.I. Modern approaches to the design of foundations and foundations for permafrost objects, taking into account the effects of global warming. *Modern theoretical and practical issues of geotechnics: new materials, designs, technologies and calculation methods (GFAC 2021)*. Saint Petersburg. 2021. Vol. 1, pp. 9–10. (In Russian).
3. Andrianov P.I. Temperatura zamerzaniya gruntov [Soil freezing temperature]. Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1936. 16 p.

¹ Python // Numpy URL: <https://numpy.org/>

² Python // Python URL: <https://www.python.org/>

³ Python // Matplotlib URL: <https://matplotlib.org/>

⁴ Python // Matplotlib URL: <https://pypi.org/project/fc-hypermesh/>

Список литературы

1. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов (общая и прикладная). М.: Высшая школа, 1973. 448 с.

2. Сахаров И.И. Современные подходы к проектированию оснований и фундаментов объектов криолитозоны с учетом действия глобального потепления. *Современные теоретические и практические вопросы геотехники: новые материалы, конструкции, технологии и методики расчетов (GFAC 2021)*. СПб., 2021. Т. 1. С. 9–10.
3. Андрианов П.И. Температура замерзания грунтов. М.: Издательство АН СССР, 1936. 16 с.
4. Березанцев В.Г. Расчет оснований сооружений. Л.: Издательство литературы по строительству, 1970. 212 с.
5. Кроник Я.А. Расчеты температурных полей и напряженно-деформированного состояния грунтовых сооружений методом конечных элементов. Москва: МИСИ, 1982. 102 с.
6. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392 с.
7. Карлов В.Д. Основания и фундаменты на сезоннопромерзающих пучинистых грунтах. СПб.: Нестор-История. 2007. 359 с.
8. Сахаров И.И. Физикомеханика криопроецессов в грунтах и ее приложения при оценке деформаций зданий и сооружений: Дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 1995.
9. Мангушев Р.А., Карлов В.Д., Сахаров И.И. Механика грунтов. М.: АСВ, 2011. 264 с.
10. Велли Ю.Я., Докучаева В.И., Федорова Н.Ф. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах. Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1977. 552 с.
11. Араманович И.Г., Левин В.И. Уравнение математической физики. М.: Наука, 1969. 288 с.
12. Краснов М.Л., Макаренко Г.И., Киселев А.И. Вариационное исчисление. М.: Мир, 1973. 190 с.
13. Пехович А.И., Жидких В.М. Расчет теплового режима. Л.: Энергия, 1976. 350 с.
14. Лукашевич А.А. Современные численные методы строительной механики. Хабаровск: ХГТУ, 2003. 135 с.
15. Пирумов У.Г. Численные методы. М.: МАИ, 1998. 188 с.
16. Кудрявцев С.А., Сахаров И.И., Парамонов В.Н. Промерзание и оттаивание грунтов практические примеры и конечноэлементные расчеты. СПб.: Геореконструкция, 2014. 260 с.
17. Кудрявцев С.А. Расчеты процесса промерзания и оттаивания по программе «TERMOGROUND» // *Реконструкция городов и геотехническое строительство*. 2004. Т. 1. № 8. С. 83–97.
18. Галлагер Р. Метод конечных элементов основы. М.: Мир, 1984. 428 с.
4. Berezantsev V.G. Raschet osnovanij sooruzhenij. [Calculation of the foundations of structures]. Leningrad: Publishing house of literature on construction. 1970. 212 p.
5. Kronik Ya.A. Raschety temperaturnyh polej i napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gruntovyh sooruzhenij metodom konechnyh elementov [Calculations of temperature fields and stress-strain state of soil structures by the finite element method]. Moscow: MISI. 1982. 102 p.
6. Segerlind L. Primenenie metoda konechnyh elementov [Application of the finite element method]. Moscow: Mir. 1979. 392 p.
7. Karlov V.D. Osnovaniya i fundamentey na sezonno-promerzayushchih puchinistyh gruntah [Bases and foundations on seasonally freezing heaving soils]. Saint Petersburg: Nestor-Istoriya 2007. 359 p.
8. Sakharov I.I. Physicomechanics of cryoprocesses in soils and its applications in assessing the deformations of buildings and structures. D-r. Diss. (Engineering). Saint Petersburg. 1995. (In Russian).
9. Mangushev R.A., Karlov V.D., Sakharov I.I. Mekhanika gruntov [Soil mechanics]. Moscow: ASV. 2011. 264 p.
10. Welli Yu.Ya., Dokuchaeva V.I., Fedorova N.F. Spravochnik po stroitel'stvu na vechnomerzlyh gruntah [Reference book on construction on permafrost soils]. Leningrad: Stroyizdat. 1977. 552 p.
11. Aramanovich I.G., Levin V.I. Uravnenie matematicheskoy fiziki [Equation of mathematical physics]. Moscow: Nauka. 1969. 288 p.
12. Krasnov M.L., Makarenko G.I., Kiselev A.I. Variacionnoe ischislenie [Variational calculus]. Moscow: Mir. 1973. 190 p.
13. Pekhovich A.I., Zhidkih V.M. Raschet teplovogo rezhima [Calculation of the thermal regime]. Leningrad: Energiya. 1976. 350 p.
14. Lukashovich A.A. Sovremennyye chislennyye metody stroitel'noy mekhaniki [Modern numerical methods of structural mechanics]. Khabarovsk: KhSTU. 2003. 135 p.
15. Pirumov U.G. Chislennyye metody. [Numerical methods]. Moscow: MAI. 1998. 188 p.
16. Kudryavcev S.A., Saharov I.I., Paramonov V.N. Promerzanie i ottaivanie gruntov prakticheskie primery i konechnoelementnye raschety [Freezing and thawing of soils practical examples and finite element calculations]. St. Petersburg: Georeconstruction. 2014. 260 p.
17. Kudryavtsev S.A. Calculations of the process of freezing and thawing using the program «TERMOGROUND». *Urban reconstruction and geotechnical construction*. 2004. Vol. 1. No. 8, pp. 83–97. (In Russian).
18. Gallager R. Metod konechnyh elementov osnovy [Fundamental Finite Element Method]. Moscow: Mir. 1984. 428 p.

УДК 69.035.4

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-71-74>

О.В. МКРТЫЧЕВ, д-р техн. наук, А.Ю. САВЕНКОВ, аспирант (savenkov.asp@mail.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

Надежность встроенного подземного сооружения при воздействии воздушной ударной волны

Исследования показывают, что взрывные воздействия имеют ярко выраженный случайный характер, поэтому говорить об устойчивости зданий и сооружений к подобным воздействиям можно только с определенной долей вероятности. Выполнена оценка надежности встроенного подземного сооружения с учетом случайного характера исходного воздействия воздушной ударной волны, а также случайной прочности материалов. Для этого получено детерминированное решение задачи о расчете встроенного подземного сооружения в нижний этаж многоэтажного здания при воздействии на него воздушной ударной волны с учетом обрушения вышележащих конструкций. Решение детерминированной задачи выполнялось с помощью газодинамического подхода с использованием нелинейных динамических методов, которые позволяют решать подобные задачи в более строгой и полной постановке в отличие от используемых в нормативных документах эквивалентных статических методов. При этом использовались математические модели грунтов, позволяющие наиболее точно воспроизвести динамическое поведение плотных и водонасыщенных грунтов, а также нелинейные модели материалов. Оценка надежности выполнялась с помощью методов теории надежности строительных конструкций и теории вероятностей. Результаты расчета показали, что разработанная методика позволяет проектировать встроенные подземные сооружения с заданным уровнем надежности.

Ключевые слова: вероятность, аварийные взрывные воздействия, воздушная ударная волна, нелинейный динамический метод газодинамики, надежность строительных конструкций, математическая статистика, подземные сооружения, прогрессирующее обрушение.

Для цитирования: Мкртычев О.В., Савенков А.Ю. Надежность встроенного подземного сооружения при воздействии воздушной ударной волны // *Жилищное строительство*. 2023. № 1–2. С. 71–74.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-71-74>

O.V. MKRTYCHEV, Doctor of Sciences (Engineering), A.Yu. SAVENKOV, Postgraduate Student (savenkov.asp@mail.ru)
National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

Reliability of a Built-in Underground Structure under the Impact of an Air Shock Wave

Studies show that explosive impacts have a pronounced random character, therefore, it is possible to talk about the stability of buildings and structures to such impacts only with a certain degree of probability. An assessment of the reliability of the built-in underground structure was performed, taking into account the random nature of the initial impact of an air shock wave, as well as the random strength of materials. For this purpose, a deterministic solution of the problem of calculating an underground structure built-in in the lower floor of a multi-storey building when exposed to an air shock wave, taking into account the collapse of the overlying structures, is obtained. The solution of the deterministic problem was carried out with the help of the gas-dynamic approach using nonlinear dynamic methods, which make it possible to solve such problems in a more rigorous and complete formulation, in contrast to the equivalent static methods used in regulatory documents. In this case, mathematical models of soils were used, which make it possible to most accurately reproduce the dynamic behavior of dense and water-saturated soils, as well as nonlinear models of materials. Reliability assessment was carried out using the methods of the theory of reliability of building structures and probability theory. The results of the calculation showed that the developed technique makes it possible to design built-in underground structures with a set level of reliability.

Keywords: probability, emergency explosive impacts, air shock wave, non-linear dynamic method, gas dynamics, reliability of building structures, mathematical statistics, underground structures, progressive collapse.

For citation: Mkrtychev O.V., Savenkov A.Yu. Reliability of a built-in underground structure under the impact of an air shock wave. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2023. No. 1–2, pp. 71–74. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-1-2-71-74>

Расчет встроенных подземных сооружений, предназначенных для защиты населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, необходимо выполнять на сложный комплекс воздействий. Во-первых, это воздействие воздушной ударной волны на подземное сооружение, а во-вторых, это воздействия при обрушении конструкций выше-

лежащих этажей с образованием завала после обрушения. Анализ подобных аварийных воздействий показывает, что они имеют ярко выраженный случайный характер. Для учета этого необходимо применять методы теории надежности строительных конструкций [1–3]. Одним из наиболее универсальных методов оценки надежности является метод ста-

статистических испытаний [2–4], который предполагает наличие детерминированного решения, а также вероятностных характеристик нагрузки и прочности.

Для решения детерминированной задачи рассмотрим пятиэтажное железобетонное здание стеновой конструктивной схемы, в котором встроенное подземное сооружение располагается в подземном этаже (рис. 1). На здание воздействует воздушная ударная волна с избыточным давлением во фронте $\Delta P_{\phi}=100$ кПа (СП 88.13330.2014 «Защитные сооружения гражданской обороны»). Для решения детерминированной задачи воспользуемся газодинамическим подходом [5].

Результаты расчета (рис. 2) показали, что при воздействии на здание воздушной ударной волны надземная часть здания полностью разрушается, что соответствует имеющимся результатам экспериментальных исследований (таблица из РБ Г-05-039-96 «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия»).

Для решения вероятностной задачи примем массу взрывчатого вещества, расстояние от центра взрыва, а также прочность бетона и арматуры в виде случайных величин. Все рассматриваемые величины примем распределенными по нормальному закону [6]. За отказ примем исчерпание несущей способности плиты перекрытия над подвалом (невыполнение условий 1ПС), так как именно данная плита воспринимает наибольшую нагрузку при обрушении вышележащих конструкций и образовании завала.

Согласно методу статистических испытаний получим параметры реализаций выходных параметров системы.

Частота появления отказов определяется по формуле:

$$v = \frac{m}{n} \approx P_f, \quad (1)$$

где v – частота отказов; m – количество отказов; n – общее число испытаний.

При $n \rightarrow \infty$, $v \rightarrow P_f$, где P_f – вероятность отказа.

Состояние конструкции в условиях эксплуатации может быть охарактеризовано конечным числом независимых параметров. Часть этих параметров – нагрузка, другие – прочность материалов, третьи – отклонение реальных условий работы конструкции от принятой расчетной схемы. Уравнение границы области допустимых состояний конструкции представляется в виде:

$$g(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0, \quad (2)$$

где $g(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функция работоспособности.

Так как все показатели надежности, которые могут быть использованы при формулировании нормативных требований к строительным конструкциям, представляют собой достаточно простые функции вероятности отказа за какой-либо определенный промежуток времени, то основной задачей вероятностных расчетов является вычисление вероятности отказа.

В общем случае вероятность отказа конструкции P_f при исходных параметрах, представленных случайными величинами, равна многомерному интегралу:

$$P_{rob}\{g(x_1, x_2, \dots, x_n) < 0\} = \int_{\Omega_n} \dots \int f(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n, \quad (3)$$

где Ω_n – область отказовых состояний в n -мерном пространстве всех случайных величин (x_1, x_2, \dots, x_n) , граница которой определяется условием $g=0$; $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – совместная плотность вероятности всех случайных величин.

Если все расчетные величины можно разделить на две группы, где первая включает характеристики, относящиеся к свойствам самой конструкции, а вторая характеризует внешние воздействия, то в приложении к задачам расчета на прочность условие отказа математически будет выражаться неравенством:

$$g(x_1, x_2, \dots, x_n) = R(x_1, x_2, \dots, x_m) - Q(x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_n) < 0; \quad (4)$$

или

$$g = R - Q < 0, \quad (5)$$

где Q – нагрузочный эффект; R – несущая способность, выраженная в тех же единицах, что и нагрузоч-

Степень разрушения зданий при воздействии избыточного давления во фронте воздушной ударной волны
The degree of destruction of buildings under the influence of excess pressure in the front of an air shock wave

Объекты	Разрушения при избыточных давлениях, кПа			
	Слабые	Средние	Сильные	Полные
Здания и сооружения				
Промышленные здания с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом	20–40	40–50	50–60	60–100
Промышленные здания бескаркасной конструкции или с легким металлическим каркасом	20–30	30–40	40–50	50–80
Кирпичные бескаркасные производственно-вспомогательные здания с перекрытием из ж/б сборных элементов	10–20	20–35	35–45	45–60
То же, с перекрытием из деревянных элементов, одно- и многоэтажные	8–15	15–25	25–35	35
Складские кирпичные здания	10–20	20–30	30–40	40–50
Кирпичные малоэтажные здания (один-два этажа)	8–15	15–25	25–35	35–45
Кирпичные многоэтажные здания (три этажа и более)	8–12	12–20	20–30	30–40

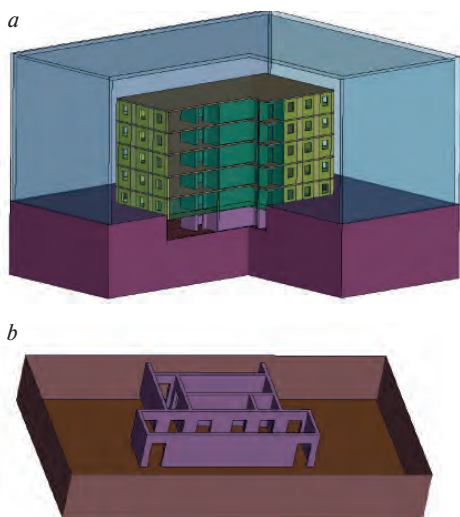


Рис. 1. Расчетная модель здания (а) и встроенного подземного сооружения в нижний этаж здания (б)

Fig. 1. Calculation model of the building (a) and the built-in underground structure in the lower floor of the building (b)

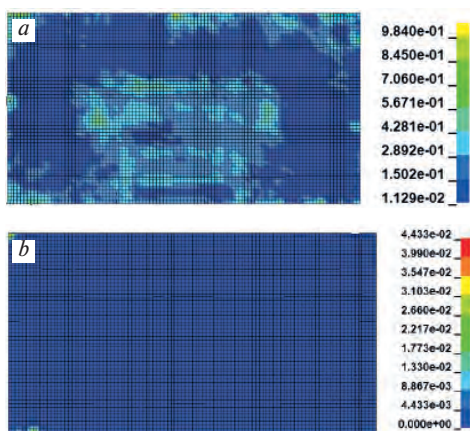


Рис. 3. Изополя: а – интенсивности напряжений в момент времени 0,1 с; б – интенсивности пластических деформаций

Fig. 3. Isofields: a – stress intensity at time 0,1 s; b – plastic strain intensity

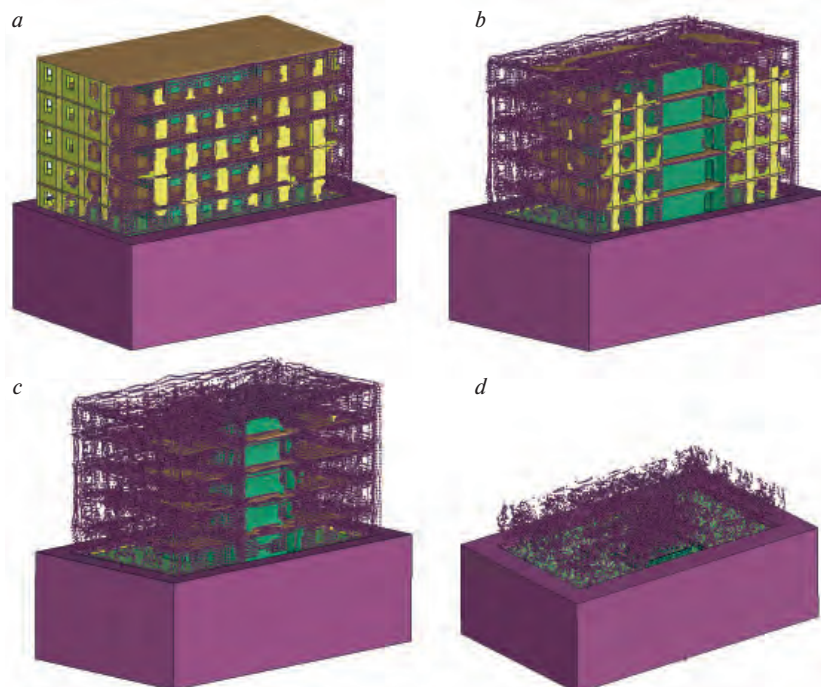


Рис. 2. Схема разрушения надземного здания в различные моменты времени: а – в момент времени 0,1 с; б – в момент времени 0,5 с; с – в момент времени 1 с; д – в момент времени 3 с

Fig. 2. Scheme of the destruction of an elevated building at various points in time: a – at time 0,1 s; b – at time 0,5 s; c – at time 1 s; d – at time 3 s

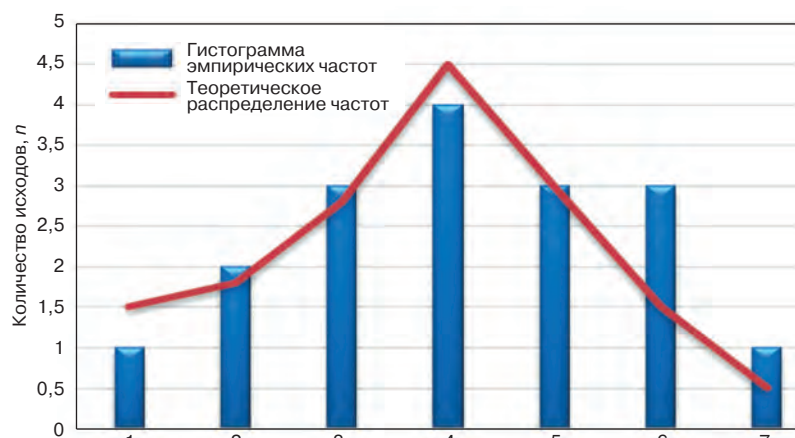


Рис. 4. Гистограмма изгибающих моментов M_y в перекрытии над подвалом

Fig. 4. Histogram of bending moments M_y in the floor slab above the basement

ный эффект Q ; g – функция работоспособности, или резерв прочности.

В общем случае несущая способность и нагрузочный эффект являются случайными функциями времени, но в данной постановке R и Q рассматриваются как случайные величины.

Вероятность отказа есть вероятность реализации неравенства:

$$P_f = P_{rob} \{g = R - Q < 0\} = \int_{-\infty}^0 f_g(g) dg, \quad (6)$$

где P_f – вероятность отказа; $P_{rob}(A)$ – вероятность реализации события A ; $f_g(g)$ – плотность распределения резерва прочности.

В результате расчета была получена гистограмма изгибающих моментов M_y в плите перекрытия над подвалом (рис. 4), описываемая законом распределения как близкая к нормальному. Вероятность отказа железобетонного перекрытия подвала составила $P_f = 0,001$.

Выводы

В результате расчета:

- решена детерминированная задача по определению несущей способности встроенного подземного сооружения;
- получена оценка надежности встроенного подземного сооружения при воздействии на здание воз-

душной ударной волны с возможным последующим обрушением и образованием завала.

Таким образом, выполнен расчет встроенного подземного сооружения в вероятностной постановке с использованием нелинейного динамического метода.

Список литературы

1. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. М.: АСВ, 1998. 304 с.
2. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. М.: АСВ, 2010. 384 с.
3. Мкртычев О.В., Райзер В.Д. Теория надежности в проектировании строительных конструкций. М.: АСВ, 2016. 908 с.
4. Невская Е.Е. Основные методы оценки параметров взрывных волн при аварийных взрывах. Принципы проектирования взрывостойких зданий и сооружений // *Инженерное дело*. 2017. № 9. С. 20–29. doi: 10.2400/0409-2961-2017-9-20-29
5. Мкртычев О.В., Савенков А.Ю. Газодинамический подход к расчету подземного сооружения на воздействие воздушной ударной волны // *Жилищное строительство*. 2022. № 12. С. 8–14. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-8-14>
6. Mkrtychev O.V. Savenkov A.Y. Reliability of building structures in case of an air blast wave. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 869. 052054. doi: 10.1088/1757-899X/869/5/052054

References

1. Rayzer V.D. Teoriya nadezhnosti v stroitel'nom proektirovanii [Reliability theory in building design]. Moscow: ASV. 1998. 304 p. (In Russian).
2. Rayzer V.D. Teoriya nadezhnosti [Reliability theory]. Moscow: ASV. 2010. 384 p. (In Russian).
3. Mkrtychev O.V., Rayzer V.D. Teoriya nadezhnosti v proektirovanii stroitel'nykh konstrukttsii [Reliability theory in the design of building structures]. Moscow: ASV. 2016. 908 p. (In Russian).
4. Nevskaya E.E. Main Methods of the Blast Waves Parameters Assessment at Emergency Explosions. Principles of Designing Blast Resistant Buildings and Structures. *Ingenernoe delo*. 2017. No. 9, pp. 20–29. (In Russian). doi: 10.2400/0409-2961-2017-9-20-29
5. Mkrtychev O.V., Savenkov A.Yu. Gas-dynamic approach to the calculation of an underground structure for the impact of an air shock wave. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 12, pp. 8–14. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-8-14>
6. Mkrtychev O.V. Savenkov A.Y. Reliability of building structures in case of an air blast wave. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 052054. (In Russian). doi: 10.1088/1757-899X/869/5/052054



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Четырнадцатая международная специализированная выставка

28 - 30 марта 2023
Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства полиуретанов
- Оборудование и станки для производства и переработки полиуретанов
- Обслуживание
- Тестовое оборудование
- Конечная продукция
- Производство лакокрасочных материалов (ЛКМ)
- Использование полиуретанов в:
 - машиностроении, - автомобилестроении, - строительстве (теплоизоляция),
 - железнодорожном транспорте (вкл. вагоностроение), - авиационном транспорте, - трубопроводном транспорте, - электротехнике, - изготовлении товаров бытового назначения, - обувной промышленности, - легкой промышленности, - медицине, - мебельной промышленности, - химической промышленности, - строительной индустрии, - горнообогатительной промышленности, - металлургии.

Специальный раздел выставки:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



UFI
Approved
Event



Expo Rating



независимый
выставочный
аудит

Параллельно проводится выставка:
КОМПОЗИТ-ЭКСПО
14-я международная специализированная выставка
www.composite-expo.ru

Информационная поддержка:



Дирекция:
Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@polyurethanex.ru | Сайт: www.polyurethanex.ru
YouTube: [youtube.com/user/polyexporu](https://www.youtube.com/user/polyexporu) @polyexporus

Организатор:

Выставочная компания

V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

22–23
МАРТА 2023

СОЧИ
ОТЕЛЬ «СИТИ ПАРК ОТЕЛЬ СОЧИ»

Организатор конференции



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ
АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор
конференции



Спонсоры конференции



Генеральные информационные партнеры



www.fc-union.com, info@fc-union.com, +7 (495) 66-55-014, +7 925 57-57-810

12+



12-14 апреля
Уфа 2023 **ВДНХ ЭКСПО**

28 Специализированная выставка
УРАЛСТРОЙИНДУСТРИЯ

ОРГАНИЗАТОРЫ



ПРАВИТЕЛЬСТВО
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

Свяжитесь
с нами

www.stroybvk.ru
stroy@bvkexpo.ru

+7 (347) 246-41-80
+7 (347) 246-42-37

