



ISSN 0044-4472

4'2022

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

научно-технический и производственный журнал

www.rifsm.ru

www.journal-hc.ru

издается с 1958 г.



190

СТРОИМ БУДУЩЕ ВМЕСТЕ!



Реклама



Уважаемые коллеги и друзья!

В мае 2022 г. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет – старейший университет России по подготовке кадров для строительной отрасли – отмечает 190-летие.

Университет является продолжателем известной школы российских гражданских инженеров и за свою историю подготовил более 80 тыс. специалистов в области архитектуры и градостроительства, реконструкции и реставрации архитектурного наследия, строительства, жилищно-коммунального хозяйства и автомобильно-дорожного комплекса. Своим трудом выпускники университета вносят значительный вклад в развитие и процветание России и способствуют достижению национальной цели создания комфортной и безопасной среды для жизни.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет – крупнейший в России. В нем обучается более 11 тыс. российских и 800 иностранных студентов, более 200 аспирантов и докторантов. На шести факультетах трудится более 500 профессоров, доцентов и преподавателей. На кафедрах и в научно-технических центрах проводятся исследования по актуальным и востребованным направлениям исследований и разработок.

Университет занимает высокие позиции в предметных и институциональных российских и международных рейтингах, что является общественным признанием его вклада в социально-экономическое развитие России и Северо-Западного федерального округа, а также плодотворного труда всего коллектива и студентов.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет продолжает свое развитие, ставит новые цели и адекватно отвечает на различные вызовы. Активно взаимодействует с органами власти, работодателями, научными и образовательными организациями.

В дни новых испытаний университет, как и ранее, приложит все усилия для развития и процветания России, проживания россиян в комфортных условиях и благоустроенных городах.

Сердечно поздравляю со славным юбилеем ветеранов университета, его выпускников, преподавателей, сотрудников и студентов! Выражаю уверенность в достижении университетом поставленных целей развития на благо Отечества.

***Ректор СПбГАСУ
д-р экон. наук, профессор,
почетный член РААСН,
вице-президент Ассоциации строительных вузов
Евгений Иванович Рыбнов***

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, профессор,
член-корр. РААСН (Москва)

ТЕР-МАРТИРОСЯН 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 возможен
лишь с письменного разрешения главного
редактора.

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений.

ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

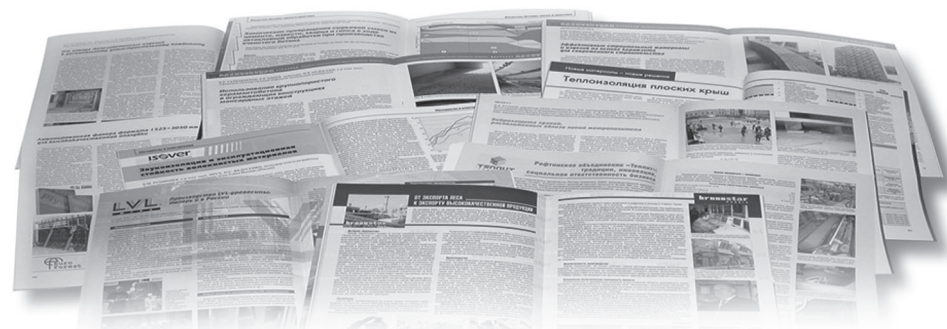
Издается с 1958 г.

4'2022

190 лет Санкт-Петербургскому государственному архитектурно-строительному университету (СПбГАСУ)

- Ю.В. ПУХАРЕНКО, В.Д. СТАРОВЕРОВ, А.Л. ДМИТРИЕВ
Цифровой мониторинг как способ защиты рынка строительной продукции
от фальсификата 3
- Д.А. РЕПА
Городское пространство исторического центра малого города
Калининградской области 9
- В.В. КОНЮШКОВ
Усилия и деформации в свайном поле со сплошной ростверковой плитой 20
- А.Д. ДЕНИСОВА, А.С. ШЕХОВЦОВ, Ю.С. АППОЛОНОВА
Влияние геометрических характеристик фиброармированного полимера (ФАП)
на напряжения на границе раздела «ФАП-бетон» 27
- Ю.В. ПУХАРЕНКО, Г.М. ХРЕНОВ
Расчет состава при проектировании бетонных смесей для непрерывного
безопалубочного формования 40
- В.М. ПОПОВ, В.В. КОНДРАТЮК
Особенности расчета изгибаемых элементов сталефибробетонных конструкций
по нормальным сечениям 46
- М.Ю. ВИЛЕНСКИЙ, Б.С. ПРОВКИН
Эволюция и развитие системы здравоохранения в пространственной структуре
Санкт-Петербурга 55
- А.Г. ЧЕРНЫХ, Д.И. КОРОЛЬКОВ, Е.В. ДАНИЛОВ, Т.Н. КАЗАКЕВИЧ, П.С. КОВАЛЬ
Оценка остаточного ресурса деревянных конструкций
по величине физического износа 66

Подписка на электронную версию



<https://journal-hc.ru/index.php/ru/podpiska-2022>

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

Publisher: «STROYMATERIALY»
Advertising-Publishing Firm, 000
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)*

VAVRENJUK 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),
Professor, Corresponding member RAACS
(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

4'2022

To the 190th anniversary of the St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

Y.V. PUKHARENKO, V.D. STAROVEROV, A.L. DMITRIEV

Digital Monitoring as a Way to Protect the Construction Products Market
from Falsification 3

D.A. REPA

Urban Space of the Historical Center of the Small Town of the Kaliningrad Region 9

V.V. KONYUSHKOV

Forces and Deformations in a Pile Field with a Solid Grillage Slab. 20

A.D. DENISOVA, A.S. SHEKHOVTSOV, Yu.S. APPOLONOVA

Influence of Geometric Characteristics of Fiber Reinforced Polymer (FRP)
on Stresses at the FRP–Concrete Interface 27

Yu.V. PUKHARENKO, G.M. KHRENOV

Calculation of the Composition when Designing Concrete Mixtures
for Continuous Formless Molding 40

V.M. POPOV, V.V. KONDRATYUK

Features of the Calculation of Bending Elements of Steel-Fiber-Concrete
Structures According to Normal Sections 46

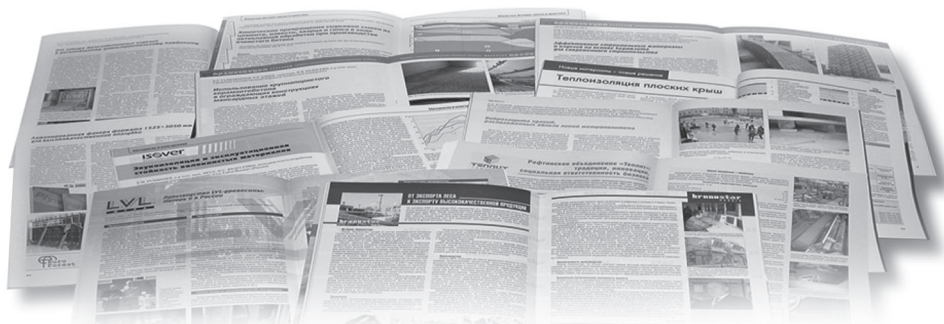
M.Y. VILENSKII, B.S. PROVKIN

Evolution and Development of Healthcare System in Spatial Structure
of Saint-Petersburg 55

A.G. CHERNYKH, D.I. KOROLKOV, E.V. DANILOV, T.N. KAZAKEVICH, P.S. KOVAL

Estimation of the Residual Resource of Wooden Structures
by the Amount of Physical Wear 66

Subscription to the electronic version



<https://journal-hc.ru/index.php/ru/podpiska-2022>

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 663.935.2:69

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-3-8>

Ю.В. ПУХАРЕНКО, д-р техн. наук, член-корр. РААСН (tsmm@spbgasu.ru),
В.Д. СТАРОВЕРОВ, канд. техн. наук, советник РААСН (tsmm@spbgasu.ru),
А.Л. ДМИТРИЕВ, инженер (tsmm@spbgasu.ru)

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

Цифровой мониторинг как способ защиты рынка строительной продукции от фальсификата

В настоящее время для защиты строительного рынка от фальсифицированной продукции предлагается вводить жесткие регулирующие меры путем внесения изменений в законодательство о техническом регулировании и расширения перечня продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия. Однако введение новых мер воздействия со стороны государства может привести к обратному эффекту, так как обязательная сертификация в современных рыночных условиях является довольно обременительной процедурой. В то же время одно из предлагаемых направлений модернизации системы строительного контроля обеспечит поддержку добросовестных производителей строительных материалов. Так, сосредоточивая внимание на процедурах входного контроля, необходимо особое внимание уделять проблеме отсутствия полного пакета сопроводительных документов или их подделке (фальсификации). Решению этого вопроса будет способствовать разработка более четких требований, содержащихся в СП 48.13330.2019 «Свод правил. Организация строительства», и положений по одновременной цифровой маркировке товаросопроводительных документов. Такой подход будет стимулировать повышение прозрачности рынка строительной продукции, развивать добросовестную конкуренцию, отвечать современным вызовам в сфере цифровой трансформации отрасли. В совокупности предлагаемые меры обеспечат снижение объема фальсификата на строительном рынке. Одновременно с этим в результате мультипликативного эффекта прогнозируется также и «перезагрузка» рынка сертификации, который в настоящее время характеризуется низким уровнем доверия со стороны профессионального сообщества как к самим процедурам оценки соответствия, так и к их результатам (в особенности в виде добровольных сертификатов).

Ключевые слова: фальсифицированная строительная продукция, подтверждение соответствия, строительный контроль, цифровая маркировка сопроводительных документов, прослеживаемость строительной продукции, нормативная документация.

Для цитирования: Пухаренко Ю.В., Староверов В.Д., Дмитриев А.Л. Цифровой мониторинг как способ защиты рынка строительной продукции от фальсификата // *Жилищное строительство*. 2022. № 4. С. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-3-8>

Y.V. PUKHARENKO, Doctor of Sciences (Engineering), Corresponding Member of RAACS (tsmm@spbgasu.ru),
V.D. STAROVEROV, Candidate of Sciences (Engineering), Advisor of RAACS(Engineering) (tsmm@spbgasu.ru),
A.L. DMITRIEV, Engineer (tsmm@spbgasu.ru)

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(4, Vtoraya Krasnoarmeiskaya Street, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation)

Digital Monitoring as a Way to Protect the Construction Products Market from Falsification

At present, in order to protect the construction market from falsified products, it is proposed to introduce strict regulatory measures by amending the legislation on technical regulation and expanding the list of products subject to mandatory conformity assessment. However, the introduction of new measures of influence by the state may lead to the opposite effect, since mandatory certification in modern market conditions is a rather burdensome procedure. At the same time, one of the proposed directions of modernization of the construction control system will provide support to bona fide manufacturers of building materials. So, focusing attention on the entrance control procedures, it is necessary to pay special attention to the problem of the absence of a complete package of accompanying documents or their forgery (falsification). The solution of this issue will be facilitated by the development of clearer requirements contained in SP 48.13330.2019 "Code of Rules. Organization of Construction", and provisions on simultaneous digital marking of shipping documents. Such an approach will stimulate an increase in the "transparency" of the construction products market, develop fair competition, and meet modern challenges in the field of digital transformation of the industry. Taken together, the proposed measures will ensure a reduction in the volume of falsification in the construction market. At the same time, as a result of the multiplicative effect, a "reset" of the certification market is also predicted, which is currently characterized by a low level of confidence on the part of the professional community both in the conformity assessment procedures themselves and in their results (especially in the form of voluntary certificates).

Keywords: falsified construction products, confirmation of compliance, construction control, digital marking of accompanying documents, traceability of construction products, regulatory documentation.

For citation: Pukhareno Y.V., Staroverov V.D., Dmitriev A.L. Digital monitoring as a way to protect the construction products market from falsification. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 4, pp. 3–8. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-3-8>

Известно, что качество определяет экономическую ценность продукции. Именно качество обеспечивает конкурентные преимущества и именно за качество потребитель готов платить. Совершенно очевидно, что качество не может стоить дешево, так как для поддержания соответствующего уровня качества предприятиям необходимо наличие действующей и регулярно совершенствующейся системы его управления. При этом технические специалисты напрямую влияют на сокращение издержек производства и повышение конкурентоспособности продукции. Поэтому наличие действующей службы контроля качества на предприятии может обеспечить уверенность потребителя в выборе соответствующей продукции.

В настоящее время одной из остро обсуждаемых проблем современного строительного рынка является фальсификация материалов, наличие которой может объясняться, помимо экономических интересов теневого бизнеса (определяется огромной нормой прибыли изготовителей подделок – 200–500%), также и несовершенством системы ценообразования, отсутствием на предприятиях профессионалов-технологов и специалистов службы качества, а также неоднозначной ситуацией в сфере нормирования: стандарты содержат неоднозначно трактуемые и противоречивые требования и вступают в противоречие друг с другом. Именно стройная система стандартов и строгое их выполнение всеми участниками строительного процесса способны противостоять попаданию на рынок несоответствующей продукции. Помимо этого, рынок фальсификата развивается в условиях несовершенства законодательства, низкого уровня технической грамотности потребителей, слабой защищенности продукции со стороны производителя [1–7].

Под фальсификацией в настоящее время понимают выпуск в обращение продукции с *умышленно* измененными характеристиками или со *скрытыми* свойствами, при этом информация преднамеренно искажается или раскрывается не в полном объеме, что влечет за собой введение в заблуждение потребителей. Очевидно, что в отсутствие объективной методологической базы определить емкость рынка фальсифицированной продукции довольно сложно, хотя, по мнению экспертного корпуса, объем подделок может достигать до 10% суммарного производства строительной продукции (Фальсификация стройматериалов становится проблемой <http://sroportal.ru/publications/falsifikaciya-strojmaterialov-stanovitsya-problemoj/>). Известно, что до 25% всех производимых в России строительных материалов являются фальсификатом ([https://osminstroy.](https://osminstroy.ru/news/stepashin--chetvert-stroymaterialov-v-rossii---falsifikat--/)

[ru/news/stepashin--chetvert-stroymaterialov-v-rossii---falsifikat--/](https://osminstroy.ru/news/stepashin--chetvert-stroymaterialov-v-rossii---falsifikat--/)). При этом борьба с контрафактной продукцией идет постоянно, но на самом деле оценить ее результативность довольно проблематично.

Нет необходимости повторять, что оборот фальсифицированной и контрафактной продукции наносит существенный ущерб государству, изготовителям и поставщикам продукции, а также повышает риск причинения вреда жизни и здоровью граждан, имуществу различных форм собственности, а также безопасному уровню воздействия на окружающую среду [1, 7]. В этой связи государство, общественные объединения и добросовестные производители строительной продукции активно взаимодействуют между собой с целью разработки эффективных сбалансированных мер предупреждения попадания на рынок несоответствующей продукции.

Примером этому может служить законопроект по внесению изменений в Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании», в котором предложено закрепить понятие «фальсифицированная промышленная продукция», что определит возможность призвать недобросовестного производителя, дистрибьютора или любое другое юридическое лицо к административной или даже уголовной ответственности за выпуск и распространение фальсифицированной продукции.

Также в последнее время введен в действие ряд национальных стандартов системы защиты от фальсификаций и контрафакта, в том числе: ГОСТ Р 58635–2019 «Система защиты от фальсификаций и контрафакта. Методы обеспечения контроля аутентичности продукции и документов. Общие положения», ГОСТ Р 58636–2019 «Система защиты от фальсификаций и контрафакта. Прослеживаемость оборота продукции. Общие требования», ГОСТ Р 58637–2019 «Система защиты от фальсификаций и контрафакта. Критерии эффективности решений по аутентификации, применяемых для борьбы с контрафактной продукцией».

Одновременно экспертами строительной индустрии предлагается расширять список строительных материалов, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в форме обязательной сертификации или декларирования о соответствии. Эта инициатива, по мнению авторов, не является оптимальным шагом по причине того, что введение обязательной сертификации и декларирования приведет к значительным дополнительным затратам для добросовестных производителей. При этом риторика ряда экспертов, объясняющих необходимость данных мер, сводится к тому, что стоимость работ по добровольной сертификации сопоставима со стоимостью работ по обязательному подтверждению

соответствия продукции, поэтому дополнительных затрат не предвидится. Но на самом деле сложившаяся ситуация свидетельствует об обратном. В настоящее время рынок добровольной сертификации полностью дискредитирован в силу отсутствия его базовых элементов – репутации и ответственности органов по сертификации перед изготовителями и покупателями [5].

Наряду с этим в России отсутствует необходимое количество аккредитованных органов по сертификации и испытательных лабораторий для покрытия спроса со стороны заявителей (лиц, являющихся изготовителем или продавцом продукции, либо уполномоченных изготовителем лиц) при переходе на обязательные процедуры подтверждения соответствия. Поэтому увеличение товарной номенклатуры продукции, подлежащей обязательной сертификации, неминуемо внесет свою лепту в рост ее стоимости, что в современных экономических условиях не является целесообразным. При этом уже сейчас постановлением Правительства Российской Федерации от 23.12.2021 № 2425 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия, внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 2467 и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» перечень строительной продукции значительно расширен. И это с учетом того, что в настоящее время идет активная работа над проектом Технического регламента ЕАЭС «О безопасности строительных материалов и изделий», который, как предполагают его авторы, должен радикально решить проблему фальсифицированной и контрафактной продукции.

Но подготовка уже утвержденного постановления Правительства № 2425 и проекта ТР ЕАЭС, к сожалению, велась и ведется без полноценного анализа рисков и социально-экономических последствий от их принятия. А для достижения эффективной защиты рынка и обеспечения качества строительной продукции необходимо основываться на риск-ориентированной модели и определять систему организационных и технических мер с учетом их взаимного влияния и оценкой регулирующего влияния [5–7].

Несомненно, решать накопившиеся проблемы необходимо рыночными механизмами, и именно бизнес-сообщество должно сосредоточить свое внимание на проблемах обеспечения качества строительных материалов (качественная продукция не может быть контрафактной), а жесткое регулиро-

ующее воздействие со стороны государства в этом случае может привести к обратному эффекту [3, 7]. Малые и средние предприятия будут поглощаться крупными или вынуждены будут уходить с рынка или переходить в так называемую серую зону, что в еще большей степени приведет к росту стоимости продукции.

Необходимо также обратить внимание на то, что скрытому (неявному) фальсификату способствуют размытость системы технического нормирования (что является отдельной проблемой при оценке качества выпускаемой и поставляемой строительной продукции) и отсутствие должного входного контроля со стороны участников строительного процесса. В этой связи очевидна необходимость включения в Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 28.05.2021 № 815, СП 48.13330.2019 «Организация строительства» в части регулирования вопроса входного контроля строительной продукции с одновременной разработкой положений об обязательности ведения журналов входного контроля и обеспечении идентификации поставляемой на строительные площадки продукции.

Как показывает практический опыт выявления фальсификата, однозначно идентифицировать такую продукцию довольно трудно, что объясняется преднамеренным искажением свойств не только собственно товаров, но и подделкой сопроводительных документов, сертификатов, паспортов качества и т. п.

Как показывает экспертная деятельность СПбГАСУ, в состав исполнительной документации не входят паспорта качества на выпущенную изготовителем конкретную партию продукции, хотя стандарты на строительную продукцию однозначно требуют этого («Каждая партия или ее часть, поставляемая в один адрес, должна сопровождаться документом о качестве» – стандартная формулировка раздела «Правила приемки» содержится в большинстве стандартов на строительную продукцию).

Также имеет место распространенная практика, когда реальные сопроводительные документы заменяются копиями сертификатов соответствия: при этом производитель работ необоснованно полагает, что этого достаточно для подтверждения качества продукции и предъявления законченного объекта строительства к сдаче, а лица, отвечающие за

приемку и строительный контроль, признают сформированную таким образом исполнительную документацию.

Необходимо оговорить, что положения действующего законодательства и ряда стандартов обязывают строительные организации проводить многоступенчатый документарный и лабораторный контроль. Этот вопрос регулируется ст. 53 и 55.5-1 Градостроительного кодекса РФ, постановлением Правительства РФ от 21.06.2010 № 468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства» и добровольно применяемыми нормативными документами: СП 48.13330.2019 «Организация строительства СНиП 12-01-2004», ГОСТ 24297-2013 «Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля», ГОСТ Р 51293-99 «Идентификация продукции. Общие положения» и пр.

По сути, строительный контроль включает в себя проверку наличия и содержания документов поставщиков, в которых имеются сведения о качестве поставленной ими продукции, ее соответствии требованиям проектной документации (контракта), технических регламентов, стандартов, сводов правил и иной нормативной документации, а также сопоставление полученных результатов испытаний на всех этапах контроля продукции с нормируемыми характеристиками.

В соответствии с Требованиями к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и Требованиями, предъявляемыми к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения, утвержденными приказом Ростехнадзора от 26.12.2006 № 1128 (РД-11-02-2006), результаты экспертиз, обследований, лабораторных и иных испытаний выполненных работ, проведенных в процессе строительного контроля; документы, подтверждающие проведение контроля за качеством применяемых строительных материалов (изделий) являются приложениями к актам освидетельствования скрытых работ, ответственных конструкций и участков сетей инженерно-технического обеспечения, подтверждающими соответствие выполненных работ требованиям, установленным проектной документацией.

Но в реальности при отсутствии полной информации (документов), позволяющей надлежащим образом идентифицировать поставленную строительную продукцию, только в исключительных случаях (выборочно) проводятся мероприятия по

проверке качества продукции. При этом такой контроль ведется по крайне малой номенклатуре продукции и минимальном количестве нормируемых показателей.

В качестве примера рассмотрим бетон в монолитных конструкциях, который контролируют исключительно по прочности и оценивают по ГОСТ 18105-2018 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности», который включен в перечень, утвержденный постановлением Правительства РФ от 28.05.2021 № 815. При этом на иные показатели (морозостойкость, водонепроницаемость и пр.), которые характеризуют долговечность бетона конструкций, не обращают должного внимания либо полностью игнорируют. Хотя согласно ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия» производитель (поставщик) бетонной смеси должен подтвердить ее качество протоколами определения технологических показателей качества при подборе состава и проведении операционного и приемосдаточного контроля, а также протоколами определения нормируемых показателей качества бетона в проектном возрасте. При поставке товарной бетонной смеси заданного качества производитель (поставщик) должен предоставить потребителю в напечатанном и заверенном виде следующую сопроводительную документацию: для каждой партии бетонной смеси – документ о качестве бетонной смеси и протокол испытаний по определению нормируемых показателей качества бетона.

Производитель работ, как уже говорилось выше, в редких случаях требует от изготовителей и поставщиков строительных материалов предоставление сопроводительных документов в виде документов (паспортов) качества на партию продукции с указанием ее объема, места и даты изготовления, а также фактических значений показателей качества (в виде протоколов испытаний).

Заметим, что необходимость наличия товаросопроводительных документов, идентифицирующих единичное изделие или партию продукции (в том числе ее размер), определяется законодательством РФ (№ 184-ФЗ «О техническом регулировании», Закон РФ от 07.02.1992 № 2300-1 «О защите прав потребителей»).

В современных условиях профессиональному сообществу можно предложить один из возможных вариантов регулирования рынка и контроля качества через «цифру» [2, 4]. Очевидно, что в современную эпоху тотальной цифровизации необходимо активно вовлекать имеющиеся инструменты в строительную индустрию. В этой связи система цифрового управления качеством, в том числе мар-

кировки и прослеживаемости строительной продукции, имеет все перспективы стать «цифровым барьером» на пути оборота фальсифицированной продукции и обеспечить прозрачность прослеживаемости продукции. При этом уже сейчас действует постановление Правительства РФ от 26.04.2019 № 515 «О системе маркировки товаров средствами идентификации и прослеживаемости движения товаров», а в ближайшее время рассматривается возможность введения Единой национальной системы цифровой маркировки и прослеживаемости товаров на основные виды строительных и иных материалов, влияющих на безопасность объектов капитального строительства.

Как показывает опыт, прослеживаемость продукции является одним из важнейших элементов обеспечения качества, безопасности применения, противодействия обороту фальсифицированной и контрафактной продукции, поэтому для борьбы с поставками контрафактной и неаутентичной продукции необходимо разрабатывать и внедрять систему электронной прослеживаемости продукции, что позволит ее изготовителю и поставщику формировать «электронное досье». И в этой связи базой для прослеживаемости всех строительных материалов являются надежно защищенные сопроводительные документы.

Таким образом, для предотвращения подделок сопроводительных документов целесообразно дополнительно маркировать документы качества соответствующим цифровым кодом, в котором должна быть «зашита» информация не только о конкретном заводе-изготовителе и партии продукции, но также и дополнительные сведения о сертификате (декларации) соответствия и органе по сертификации, его оформившем, а также об испытательной лаборатории, в которой проводились испытания. В этом случае специалист службы строительного контроля в процессе исполнения должностных обязанностей сможет оперативно, помимо гарантированных производителем качественных показателей, проверить действие аккредитации органа по сертификации, испытательного центра или лаборатории в реестре аккредитованных лиц Федеральной службы по аккредитации (Росаккредитации), проводивших процедуру подтверждения соответствия продукции. Необходимо отметить, что такой подход в случаях выявления несоответствий качественных характеристик позволит вести претензионную работу не только с изготовителями и поставщиками строительной продукции, но и в отношении органов по сертификации и испытательных лабораторий, что одновременно будет повышать их ответственность и

способствовать повышению доверия к системам сертификации (в особенности в добровольной сфере).

Таким образом, в строительный процесс может быть интегрирован цифровой мониторинг контроля и оценки качества поставляемой продукции. Такой подход отвечает принципу цифровой трансформации отрасли, особенно в свете перехода на технологии информационного моделирования. Тем более, что с 01.01.2022 г. должен быть запущен широко-масштабный цифровой переход при исполнении государственных и муниципальных контрактов на строительство и капитальный ремонт, подразумевающий разработку и реализацию проектов на платформе BIM (ТИМ), т. е. все участники строительства должны работать с цифровыми информационными моделями.

В условиях производства и поставки строительных материалов BIM-технология перестает замыкаться на проектную среду и является новым методом в проектировании, а расширяет свое предназначение на этап заказа, изготовления и применения материалов и оборудования. Такой подход позволяет контролировать потоки и расход строительных материалов, все они интегрированы в проект (листовые материалы, облицовка, теплоизоляция, черный металл, бетон и т. д.). Также предлагаемое решение позволит оформлять исполнительную документацию в электронном виде, что отвечает Правилам формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, утвержденным постановлением Правительства РФ от 15.09.2020 № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в п. 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства», и будет соответствовать требованиям современных стандартов, например, обсуждаемому в настоящее время проекту ГОСТ Р «Документация исполнительная. Оформление и ведение исполнительной документации в электронном виде».

Но что еще более важно, такой подход будет способствовать цифровому встраиванию в эксплуатационный цикл зданий и сооружений, в процессе которого можно оперативно выявлять образующиеся дефекты строительных изделий и конструкций, о ко-

торых уже вся информация имеется; соответственно, можно будет разрабатывать более совершенные способы их восстановления (ремонта) и методы предупреждения, обеспечивающие повышение безопасности и надежности отдельных элементов и здания в целом.

В заключение еще раз подчеркнем, что бороться с фальсифицированной продукцией необходимо, но требуется при этом проводить работу по устра-

нению противоречий и разночтений требований, содержащихся в стандартах, сводах правил и иных нормативных документов (на основании обсуждений профессиональным сообществом), и реализации процедур должного строительного контроля со стороны всех участников строительства.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Бабуринов В.В., Бойко О.А., Панов С.Л. Оборот контрафактных строительных материалов: детерминанты и меры противодействия // *Юридическая наука и правоохранительная практика*. 2016. № 1 (35). С. 128–133.
2. Васильев В.А., Александров С.В. Цифровые технологии в управлении качеством // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2020. № 10. С. 35–41.
3. Десятко Е.Н., Староверов В.Д., Герасименко А.А., Мазнева К.Ю. Критерии оценки качества строительных материалов, применяемых при капитальном ремонте многоквартирных домов // *Вестник гражданских инженеров*. 2020. № 2 (79). С. 264–271. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-2-264-271
4. Контроль качества: цифровые решения и комплексный подход // *Новый оборонный заказ. Стратегии*. 2020. № 4 (63). <https://dfnc.ru/arhiv-zhurnalov/2020-4-63/kontrol-kachestva-tsifrovye-resheniya-i-kompleksnyj-podhod/> (дата обращения 15.11.2021).
5. Мазнева К.Ю., Жолобова Е.В., Сидорова А.С., Маркова К.А., Староверов В.Д. Проблемы функционирования и перспективы развития сертификации в строительстве // *Вестник гражданских инженеров*. 2021. № 5 (88). С. 109–118. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-5-109-118
6. Мешанков Д.В. Организационно-экономические методы противодействия контрафакту авиационных изделий и запчастей // *Московский экономический журнал*. 2021. № 2. С. 62. DOI: 10.24411/2413-046X-2021-10126
7. Пухаренко Ю.В., Староверов В.Д., Герасименко А.А. Повышение безопасности и качества строительных материалов на основе оценки опыта и деловой репутации предприятия // *Строительные материалы*. 2019. № 5. С. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-770-5-3-8>

References

1. Baburin V.V., Boyko O.A., Panov S.L. Turnover of counterfeit building materials: determinants and counteraction measures. *Yuridicheskaya nauka i pravoohranitel'naya praktika*. 2016. No. 1 (35), pp. 128–133. (In Russian).
2. Vasiliev V.A., Aleksandrov S.V. Digital technologies in quality management. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2020. No. 10, pp. 35–41. (In Russian).
3. Desyatko E.N., Staroverov V.D., Gerasimenko A.A., Mazneva K.Y. Criteria for assessing the quality of building materials used in the overhaul of apartment buildings. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*. 2020. No. 2 (79), pp. 264–271. DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-2-264-271 (In Russian).
4. Quality control: digital solutions and an integrated approach. *Novyj oboronnyj zakaz. Strategii*. 2020. No. 4 (63). <https://dfnc.ru/arhiv-zhurnalov/2020-4-63/kontrol-kachestva-tsifrovye-resheniya-i-kompleksnyj-podhod/> (Date of access 15.11.2021). (In Russian).
5. Mazneva K.Y., Zholobova E.V., Sidorova A.S., Markova K.A., Staroverov V.D. Problems of functioning and prospects for the development of certification in construction. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*. 2021. No. 5 (88), pp. 109–118. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-5-109-118 (In Russian).
6. Mashankov D.V. Organizational and economic methods of countering counterfeit aircraft products and spare parts. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal*. 2021. No. 2, p. 62. DOI: 10.24411/2413-046X-2021-10126 (In Russian).
7. Pukharencov Y.V., Staroverov V.D., Gerasimenko A.A. Improving the safety and quality of building materials based on the assessment of the experience and business reputation of the enterprise. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2019. No. 5, pp. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-770-5-3-8> (In Russian).

УДК 728.03

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-9-17>

Д.А. РЕПА, архитектор (repkazubka@mail.ru)

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

Городское пространство исторического центра малого города Калининградской области

Представлены результаты исследования городского пространства малого города Калининградской области. Проанализированы некоторые архитектурно-градостроительные особенности исторического центра г. Черняховска. Рассмотрены такие составляющие, как функциональное зонирование, ландшафтный каркас, историко-архитектурное наследие. Анализ каждой составляющей проведен на двух градопланировочных уровнях: территория города, территория исторического центра. Дана оценка градостроительной ситуации и архитектурно-пространственной организации исторического центра, определены основные функциональные узлы и наиболее значимые объекты. Выявлена планировочная структура и объемно-пространственное решение селитебной и промышленной территорий. Рассмотрены особенности и историческое развитие системы существующего городского озеленения и его основных видов. Проанализировано расположение объектов культурного наследия, определено их значение, количество и степень сохранности. Приведен перечень сохранившихся памятников архитектуры федерального и регионального значения, находящихся на территории Черняховска. Выявлена градостроительная проблематика трех направлений: проблемы архитектуры и дизайна городской среды, ландшафтно-рекреационные проблемы, проблемы объектов культурного наследия. Для наиболее полного раскрытия проблематики статьи приведены графические схемы, демонстрирующие вышеперечисленные этапы исследования.

Ключевые слова: малый город, исторический центр, городское пространство, планировочная структура, функциональное зонирование, ландшафтно-рекреационный каркас, историко-архитектурное наследие.

Для цитирования: Репа Д.А. Городское пространство исторического центра малого города Калининградской области // *Жилищное строительство*. 2022. № 4. С. 9–17. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-9-17>

D.A. REPA, Architect (repkazubka@mail.ru)

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(4, Vtoraya Krasnoarmeiskaya Street, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation)

Urban Space of the Historical Center of the Small Town of the Kaliningrad Region

The article presents the results of a study of the urban space of a small city in the Kaliningrad region. Some architectural and town-planning features of the historical center of Chernyakhovsk are analyzed. Such components as functional zoning, landscape framework, historical and architectural heritage are also considered. The analysis of each component was carried out at two urban planning levels: the territory of the city, the territory of the historical center. The assessment of the town-planning situation and the architectural and spatial organization of the historical center is given, the main functional nodes and the most significant objects are identified. The planning structure and spatial solution of residential and industrial territories are revealed. The features and historical development of the existing urban landscaping system and its main types are considered. The location of cultural heritage objects is analyzed, their significance, quantity and degree of preservation are determined. The list of preserved architectural monuments (federal and regional significance) located on the territory of Chernyakhovsk is given. The urban planning problems of three directions are revealed: problems of architecture and design of the urban environment, landscape and recreational problems, problems of cultural heritage objects. For the most complete disclosure of the subject of the article, graphical diagrams are given demonstrating the above stages of the study.

Keywords: small town, historical center, urban space, planning structure, functional zoning, landscape and recreational framework, historical and architectural heritage.

For citation: Repa D.A. Urban space of the historical center of the small town of the Kaliningrad region. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 4, pp. 9–17. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-9-17>

На сегодняшний день проблема приоритетности развития больших городов актуальна для многих стран. Малые же города, являясь административными центрами сельскохозяйственных и промышленных районов или осваиваемых территорий, остаются городами второго плана в системе регионального развития [1]. Малые исторические города, или так

называемые эритерные (*фр.* hériter – наследовать), основанные в более ранний период и обладающие богатым культурным наследием, могут считаться отдельным типом [2]. Одной из отличительных особенностей такого типа городов является высокая социокультурная активность, направленная на сохранение историко-культурной преемственности.

Зачастую малые города не способны в полной мере раскрыть заложенный в них историей потенциал [3]. Это происходит по разным причинам, к наиболее существенным относят: ограниченность экономической базы, неблагоприятную демографическую ситуацию, неразвитость социально-культурной сферы, запущенность инженерно-инфраструктурных объектов. Исходя из этого цель настоящего исследования – выявить проблемы, препятствующие развитию одного из малых городов Калининградской области. В качестве примера предлагается рассмотреть архитектурно-планировочные, социально-функциональные и ландшафтно-рекреационные аспекты формирования исторического центра г. Черняховска.

Результаты предварительного изучения историко-культурного потенциала, градостроительного и исторического развития территорий городов Калининградской области, а также объектов архитектурного наследия, представленные в ранее публикуемых материалах, были получены посредством натурного обследования объектов и территорий, анализа литературных и интернет-источников и др. В данном исследовании автором предлагается использовать графоаналитический и картографический методы как основные.

Инстербург был вторым по величине и значимости городом Восточной Пруссии, важным культурным, экономическим, промышленным и спортивным центром. В 1946 г. Инстербург был переименован в Черняховск, после чего стал административным центром Черняховского района «Черняховский городской округ». Сегодня данный район занимает второе место в области по численности населения в 46143 человека, в городе проживает 35375 человек (Паспорт социально-экономического положения муниципального образования «Черняховский городской округ» за 2020 г.).

Черняховск – один из немногих городов Калининградской области, обладающий значительным фондом исторической застройки. Сохранившаяся планировочная структура, мощение, деревья разных периодов, здания – архитектурные памятники Инстербурга являются достоянием федерального значения и одновременно проблемой внутригородского масштаба.

Функциональное зонирование территории

Территорию города Черняховска на данный момент можно поделить по функциональному признаку на общественно-деловую, селитебную, производственную и рекреационную зоны.

Данные зоны расположены дисперсно по поселению. Анализ каждой из них проводится на двух градостроительных уровнях: территория города, территория исторического центра. Зона исторического центра включает в себя и жилую и общественно-

деловую застройку, поэтому она выделена в отдельную группу для анализа по территориальному признаку.

Зона исторического центра (общественно-деловая и жилая застройка). Исторический центр Черняховска – планировочное ядро города располагается в центральной его части между городскими Замковым и Гавенским прудами и рекой Анграпой (рис. 1). Поскольку Черняховск относят к наиболее сохранившимся городам Калининградской области [4], здесь можно наблюдать обширный цельный городской образ XIX в. с интересной топографией и частично сохранившейся исторической застройкой, представляющей собой смесь различных архитектурных стилей (романский, ранний ренессанс, классицизм, эклектика, югендстиль, конструктивизм и т. д.). Все здания размещены вдоль основных планировочных направлений, структура которых формировалась на протяжении нескольких столетий [5].

Главными функциональными узлами городского пространства являются: площадь Ленина, расположенная на пересечении улиц Калининградской и Ленина, и площадь Черняховского, расположенная на пересечении ул. Ленина и ул. Гусевское шоссе (рис. 2). Здесь сконцентрированы основные функционально значимые объекты: учреждения администрации и здравоохранения, торговые и производственные предприятия, гастрономические предприятия, объекты делопроизводства, объекты транспортной инфраструктуры, объекты культуры и просвещения (рис. 1).

Улица Ленина протяженностью почти в 1 км, соединяет два въезда в центр города – площадь Ленина (бывший Старый рынок) и площадь Черняховского (рис. 2). Связывая эти две площади с юго-востока на северо-запад, ул. Ленина служит главной осью исторического центра. По ней линиями городского транспорта осуществляется связь с окраинными кварталами: Шпринд, Георгенбург, Альтхоф. В настоящее время эта улица является частью федеральной трассы и основной городской артерией [6].

Площадь Ленина – главное общественное пространство города оформляет въезд в исторический центр со стороны Калининградской улицы (рис. 2). Во время войны многие здания на площади были разрушены и не подлежали восстановлению. Сегодня эта территория представляет собой часть большого свободного пространства, ограниченного застройкой центра только по юго-восточной стороне. Таким образом, объемно-пространственная организация площади Ленина не соответствует роли главной площади города.

Площадь Черняховского – другие городские ворота для жителей и туристов, въезд в город с Гусевского шоссе (рис. 2). Эта площадь, образованная путем отделения от Привокзальной площади, состоит из окаймленного деревьями транспортного узла и сквера

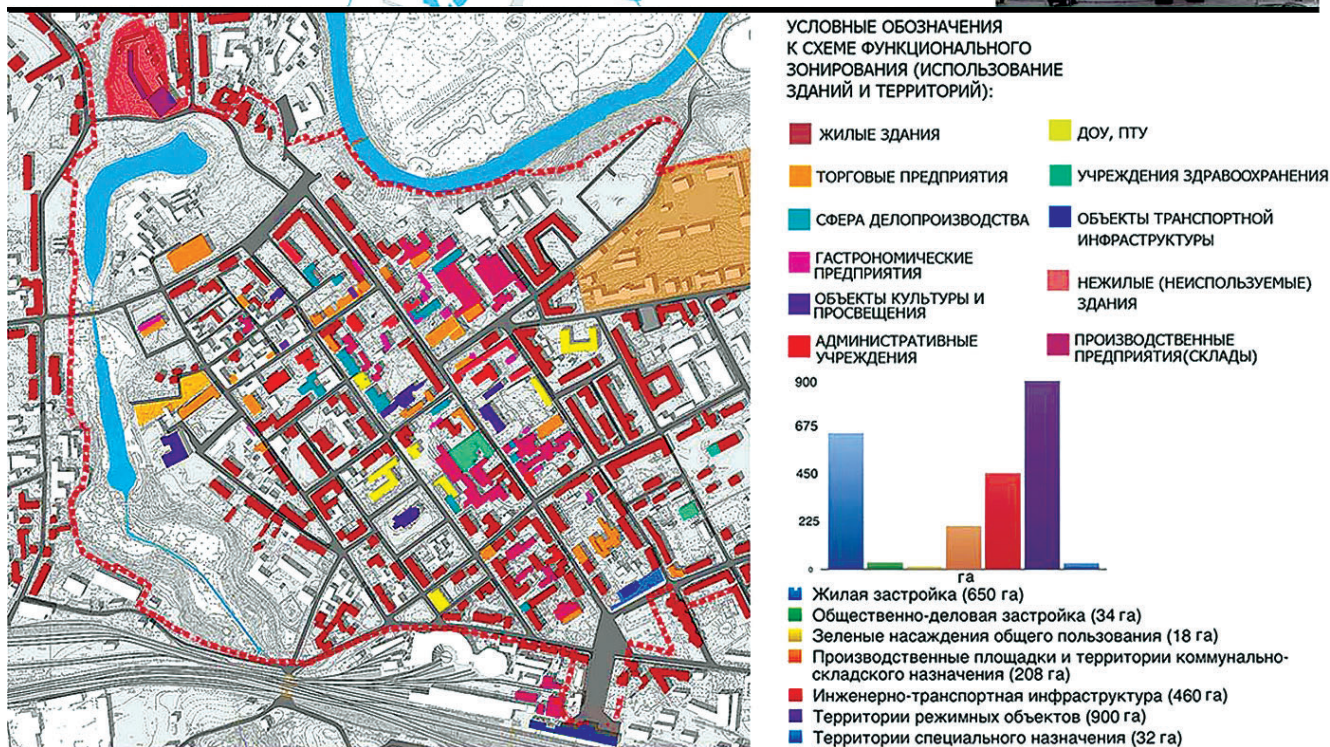
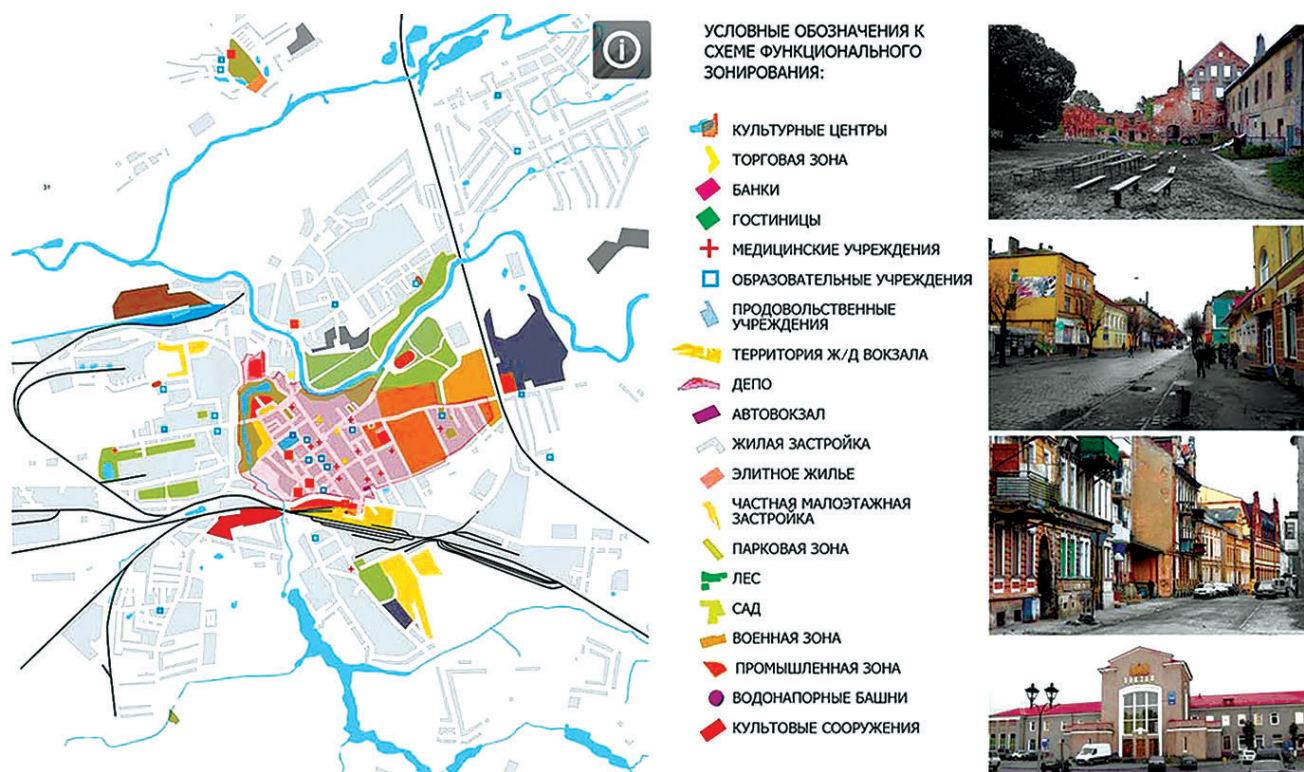


Рис. 1. Схема существующего функционального зонирования
Fig. 1. Scheme of the existing functional zoning

перед памятником И.Д. Черняховскому [7]. С северной стороны она ограничена улицей Пушкина, на которой производится посадка и выход пассажиров автобусных линий. С южной – примыкает Привокзальная площадь с пешеходной аллеей, соединяющей железнодорожный вокзал с Гусевским шоссе.

При решении вопросов относительно архитектурно-градостроительных преобразований на территории исторического центра особое внимание необходимо уделить именно этим пространствам, ведь в настоящее время по объемно-планировочной организации они не соответствуют ни функции въездов в го-



Рис. 2. Схема транспортного каркаса Черняховска
Fig. 2. Scheme of the transport framework of Chernyakhovsk

род, ни функции парадных площадей перед важными городскими объектами и памятниками.

Селитебная территория. Планировочная структура селитебной территории не имеет четкого плана, преимущественными являются продольные оси с поперечными направлениями. Жилая застройка

расположена на периферии исторического центра. Основная часть этих районов сконцентрирована к северу. Архитектура жилой застройки периферийных районов значительно отличается от исторической застройки центра и в основном имеет вид типовых панельных строений.

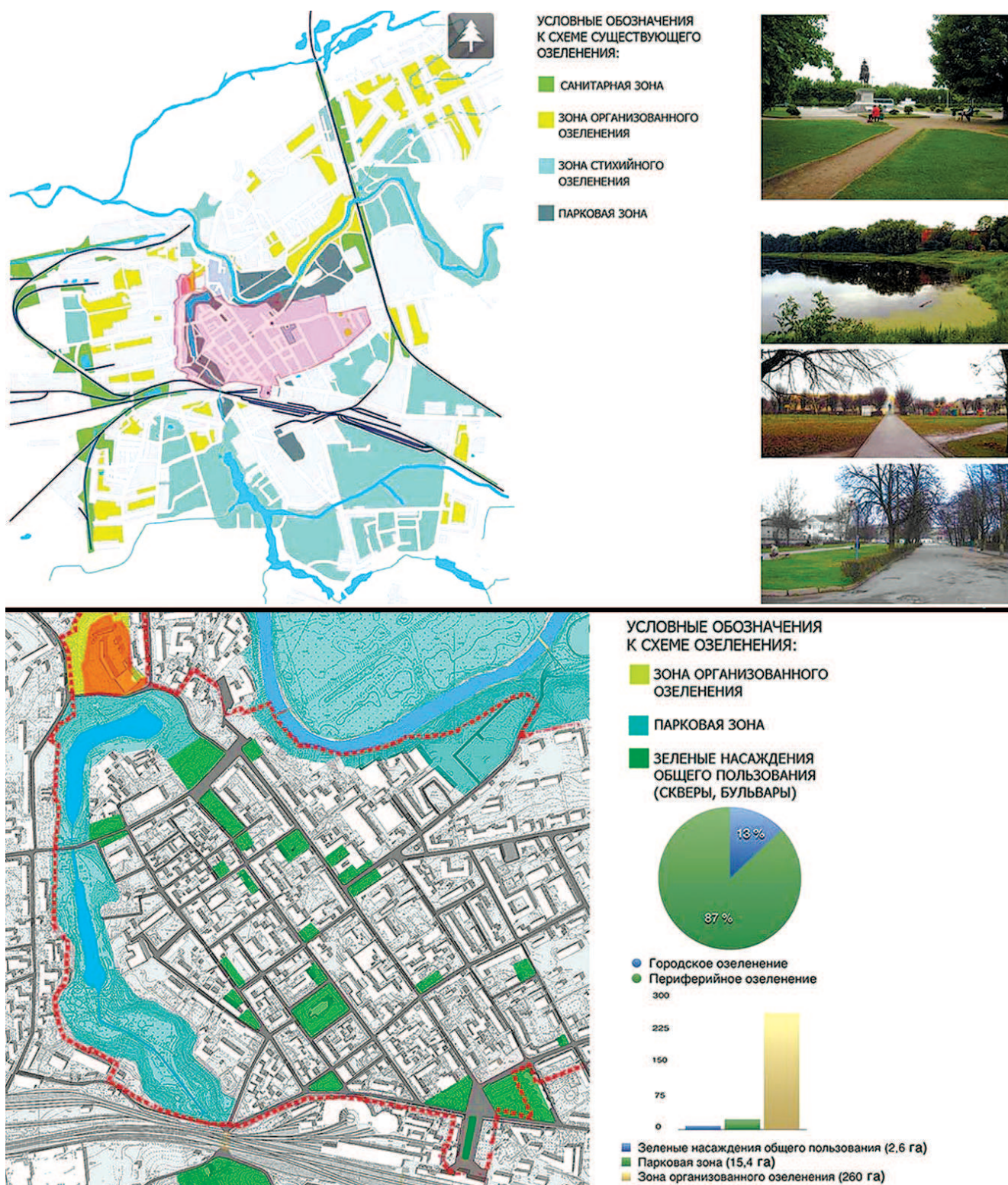


Рис. 3. Схема городского озеленения Черняховска
Fig. 3. Scheme of urban landscaping of Chernyakhovsk

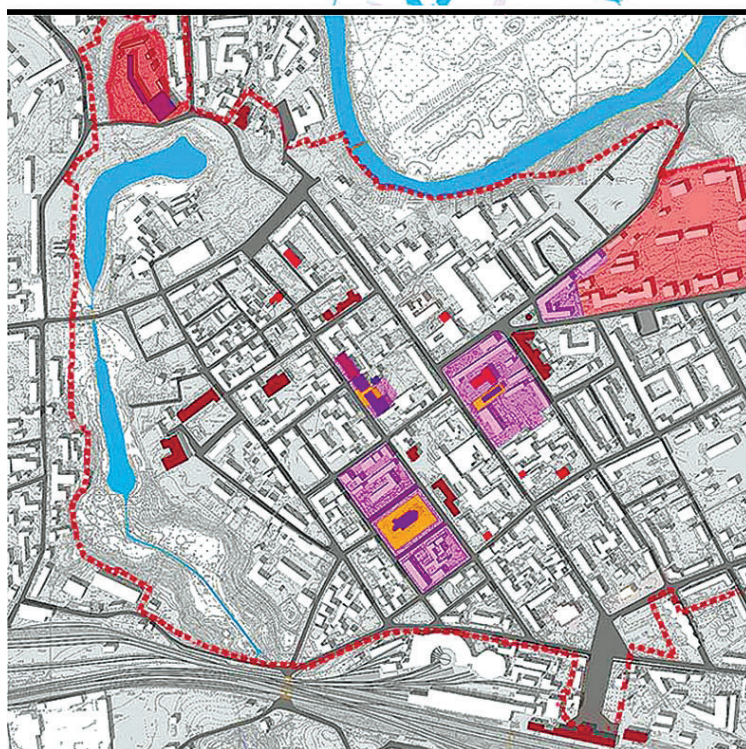
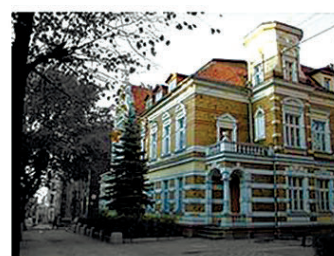
В настоящее время идет активное освоение селитебных территорий, предусмотренное стратегией развития и генеральным планом Черняховска (Правительство Калининградской области. Генеральные планы муниципальных образований. Черняховский городской округ. <https://gov39.ru/vlast/agency/aggradostroenie/>

genplans/13_chernyahovsk/). Однако, большая часть учреждений социальной инфраструктуры все еще располагается в зоне исторического центра, что является негативной особенностью и препятствует доступности посещения горожанами, проживающими в зоне периферийного расселения (рис. 1).



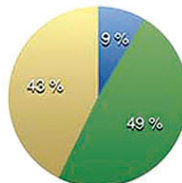
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
К СХЕМЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО
НАСЛЕДИЯ:

- ТЕРРИТОРИЯ ПАМЯТНИКА
- ЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАСТРОЙКИ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
- ОХРАННАЯ ЗОНА
- ЗОНА ОХРАНЯЕМОГО ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТА



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
К СХЕМЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО
НАСЛЕДИЯ:

- ТЕРРИТОРИЯ ПАМЯТНИКА (ОКН)
- ОКН РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ
- ЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАСТРОЙКИ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
- ОКН МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ
- ОХРАННАЯ ЗОНА
- ВЫЯВЛЕННЫЕ ОКН



- Территория памятника (1 га)
- Зона регулирования застройки и хозяйственной деятельности (5,7 га)
- Охранная зона (5 га)

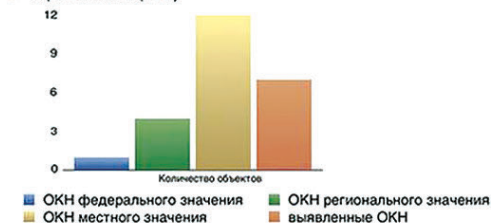


Рис. 4. Схема расположения объектов культурного наследия Черняховска
Fig. 4. The layout of the objects of cultural heritage of Chernyakhovsk

Производственные территории. В восточной части города также размещены химические производства бумажного сырья и сырья для сельскохозяйственных удобрений (рис. 1). Ни один из производственных объектов не является градообразующим предприятием, а выполняет в основном функцию складских

помещений. Некоторые из промышленных зон граничат с зонами рекреации или с территориями объектов культурно-исторического наследия. Подобное соседство препятствует развитию как архитектурных памятников, так и парковых зон, нарушая при этом общую градостроительную композицию.

Перечень сохранившихся памятников архитектуры
List of preserved architectural monuments

№ п/п	Название	Автор	Год постройки	Адрес и назначение	Степень сохранности
Федеральный уровень					
1	Архитектурный ансамбль Инстербург, Замок Инстербург	По приказу магистра Тевтонского ордена Дитриха фон Альтенбургского	1262–1336 – деревянный, 1380 – каменный	г. Черняховск, ул. Замковая, 1 С XIV в. – форпост ордена для борьбы с Литвой С XVII в. – резиденция Главного управления округа Инстербург С 1945 г. – Музей краеведения Инстербургского общества древностей	Частично сохранился
Региональный уровень					
2	Замок Георгенбург	По приказу магистра Тевтонского ордена Винриха фон Книпроде	1337 – деревянный 1350 – каменный	г. Черняховск, ул. Центральная, 4 Конный завод	Сохранился
3	Комплекс сооружений конезавода «Георгенбург»: – дом жилой – администрация – конюшня – конюшня		1828	г. Черняховск, ул. Центральная, 2, 12, 10 Конный завод	Сохранился
4	Комплекс зданий казарм: – казармы кавалерийского полка – пехотные казармы – артиллерийские казармы		80-е гг. XIX в. 1887–1893 1892–1900	г. Черняховск, ул. Гагарина, б/н	Сохранился
5	Кирха Католический костел Святого Бруно	Фридрих Хайтман	1902–1904	Черняховск, ул. Ленина, 17а	Сохранились
6	Кирха Православная Свято-Михайловская церковь	Фридрих Адлер	1886–1890	г. Черняховск, ул. Пионерская, 20 Ранее лютеранская реформаторская кирха	Сохранились
7	Школа им. Песталоцци	Людвиг Беккер	1827	г. Черняховск, ул. Гагарина, 26 В 1840 г. при школе был основан первый в мире детский сад	Сохранилась
8	Вилла Брандес		1894	г. Черняховск, ул. Дачная, 10 Частный дом, хозяин – доктор Эрнст Брандес	Сохранилась
9	Здание Имперского банка			г. Черняховск, ул. Пионерская, 5	Сохранился
10	Здание Немецкого банка		Конец XIX в.	г. Черняховск, ул. Пионерская, 7, 9	Сохранился

Городской ландшафтный каркас

Природный каркас города – это система открытых озелененных пространств (парков, скверов, бульваров) и природных комплексов (лесных и лесопарковых массивов, водных ландшафтов), формируемая на базе гидрографической сети с учетом геоморфологии и рельефа во взаимосвязи с пригородным окружением [7]. Организация природного каркаса предусматривает сохранение, выявление и дополнение исторически характерных для города ландшафтных панорам. Он составляет природоохранную и рекреационную функциональную подсистему города.

Рассматривая систему существующего озеленения города Черняховска, можно заметить ряд важных особенностей ее организации (рис. 3). Во-первых, территория природного каркаса состоит из нескольких типов зон: санитарная, зона организованного озеленения, стихийное озеленение, парковая зона. Во-вторых, каждая зона имеет особую систему рас-

положения. Так, например, участки стихийного озеленения на южной и северо-восточной территориях формируют береговую линию рек. В западной части города расположились санитарные зоны, сопровождающие пути железнодорожного сообщения и объекты транспортной инфраструктуры. Территории организованного озеленения участвуют в формировании дворовых пространств, скверов, бульваров и имеют повсеместное расположение. Парковая зона сконцентрирована непосредственно в историческом центре и образует *Городской парк*.

Формирование *Городского парка* началось в XIV в. со строительства дамбы, которая, перегородив русло реки Чернуппы, образовала Замковый пруд [8]. Затем он был разделен на две части, в результате чего появился второй пруд, получивший название Гавенский. Позднее благодаря изменению изгиба русла реки Чернуппы и размещению нескольких мостовых переходов удалось обеспечить удобную пешеходную связь между разделенными частями городской террито-

рии [9]. Далее последовали работы по перепланировке Замкового и Гавенского прудов. Были изменены не только их размеры и форма, но и организованы променады с павильонами, террасами и детскими площадками. Соединялись пруды каналом со шлюзом, над которым позднее возвели новый мост [10].

Ландшафтный каркас исторического центра включает в себя три вида озеленения: организованное, парковое и зеленые насаждения общего пользования. Система «зеленых» пространств этой зоны отличается отсутствием единой композиции и недостаточностью озеленения (рис. 3). Участки городских скверов расположены дисперсно и хаотично, что лишает город полноценного качества среды. Парковая зона – самая масштабная по площади озелененная территория формирует береговой пояс системы Замкового и Гавенского прудов и реки Анграпы лишь на северо-западе исторического центра. Наличие подобного природного ядра, без сомнений, является большим плюсом и визитной карточкой Черняховска, однако состояние крайней запущенности негативно сказывается на восприятии городского пространства и выступает в роли угнетающего фактора.

Историко-архитектурное наследие

На территории Черняховского района (см. таблицу) располагается 68 памятников археологии, архитектуры и природы, десять из которых находятся непосредственно в Черняховске и являются объектами культурного наследия федерального и регионального значения (Справочник по объектам культурного наследия Калининградской области. <http://prussia.online/Data/Book/sp/spravochnik-po-obektam-kulturnogo-naslediya-kaliningradskoy-oblasti/pdf>).

Зоны и объекты культурного наследия Черняховска сконцентрированы преимущественно в центральной части города, однако на севере расположен еще один крупный исторический объект – конно-спортивный завод «Георгенбург» и его призамковая территория, отнесенная к числу зон охраняемого природного ландшафта (рис. 4).

Центральная часть города уникальна в отношении сохранности архитектурного фонда. Здесь уцелело около 70% исторической застройки в отличие от других районов Калининградской области. Анализ объектов культурного наследия федерального, регионального и местного значения выявил следующие уровни охраны: памятник, территория памятника, зона регулирования застройки и хозяйственной деятельности, охранный пояс (рис. 4).

Градостроительная проблематика

Проблемы архитектуры и дизайна городской среды. С точки зрения функционального зонирования

городской территории Черняховска можно выделить следующие проблемы:

- несоответствие архитектурно-градостроительной организации главных планировочных узлов (площадь Ленина, площадь Черняховского), их роли в качестве функционально значимых объектов городского пространства;
- функциональная неразвитость периферийных территорий, концентрация социальной инфраструктуры преимущественно в историческом центре;
- пограничное расположение производственных и селитебных зон;
- наличие и неиспользование большого числа заброшенных территорий в центральной части города;
- наличие большого количества сохранившихся элементов городского оборудования разных исторических эпох.

Ландшафтно-рекреационные проблемы. Анализ состояния ландшафтного каркаса выявил ряд недостатков, способствующих деградации городского пространства:

- большая часть обширных озелененных территорий расположена в зоне периферии, дискриминируя таким образом качество жизни в центральном районе;
- крайняя запущенность рекреационного пространства и полное отсутствие благоустройства на территории всего города формируют социальный упадок и экономический разлад Черняховска;
- пренебрежительное отношение к водному ресурсу образует такие градостроительные проблемы, как: отсутствие связи между системой городских прудов и рекой, неразвитость прибрежной линии, отсутствие выхода к реке.

Проблемы объектов культурного наследия. На данный момент объекты культурного наследия Черняховска пребывают в депрессивном состоянии, что отчасти объясняется отсутствием в ПЗЗ градостроительного регламента. Некоторые из памятников отреставрированы, однако неразвитость инфраструктуры территорий объектов культурного наследия делает один из наиболее значимых с точки зрения туристической привлекательности и экономической перспективности сегмент неэффективным [11]. Неиспользование архитектурно-территориального потенциала и отсутствие градообразующей базы приводят к постепенному социально-экономическому упадку [12], усиливая отток населения.

Выводы

Одними из ключевых задач современного малого города следует считать задачи, например, по поиску новых отраслей специализации, соответствующих имеющимся городским и районным ресурсам, а также задачи по созданию мест, способных привле-

катель жителей и туристов, или задачи по выполнению функций обслуживания населения прилегающих районов и территорий и т. д. Таким образом, определяя перспективы развития малых городов России, важно опираться не только на их функциональное значение и внешний потенциал, но и учитывать специфику и возможности внутригородского пространства. Особое внимание при этом следует уделять архитектурно-градостроительной и историко-культурной составляющим исторических центров, способствующим в будущем раскрытию туристско-рекреационного потенциала большинства малых городов.

Список литературы

1. Барабошина Н.В. Малые города России: как остаться в истории // *Ярославский педагогический вестник*. 2012. № 3 (1). С. 253–256.
2. Балдандоржиев Ж.Б. Малые города: типология и классификация в контексте культурного наследия (на примере малых городов Восточного Забайкалья) // *Гуманитарный вектор*. 2011. № 3 (27). С. 112–119.
3. Булдаков Н.Б. Проблемы и перспективы развития малых городов России // *Вестник Шадринского государственного педагогического института*. 2011. № 1 (10). С. 167–169.
4. Черенков М. Наследие Калининградской области. Родина двух русских династий // *Россия. Наследие: федеральный мультимедийный проект*. 2016. № 2. С. 76–85.
5. Репа Д.А. Особенности градостроительного развития Инстербурга – Черняховска (Калининградская область). *Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции*. Хабаровск, 2019. Т. 2. С. 227–232.
6. Венцель Ю., Куницкая Н., Стяжкина В. Концепция реконструкции улицы Ленина в городе Черняховске. Берлин; СПб., 2013. 88 с.
7. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. М.: Архитектура-С, 2010. 183 с.
8. Попов И.В. Культурный Черняховск // *Надровия: историко-краеведческий журнал*. 2004. № 5. С. 13–14.
9. Herrmann C. *Mittelalterliche Architektur im Preußenland: Untersuchungen zur Frage der Kunstlandschaft und – geographie*. Petersberg: Michael Imhof Verlag, 2007. 816 p.
10. Weise Hg.E. *Handbuch der Historischen Stätten. Ost- und Westpreussen*. Stuttgart: Kröner, 1981. 284 p.
11. Кулемзин А.М. Новации и традиции в сохранении культурного наследия // *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2015. № 1–3 (61). С. 52–55.
12. Лысова Н.Ю. Малый исторический город: культурные параметры и актуальные проблемы // *Реггиология*. 2008. № 2. С. 357–359.

References

1. Baraboshina N.V. Small towns of Russia: how to stay in history. *Yaroslavskii pedagogicheskii vestnik*. 2012. No. 3 (1), pp. 253–256. (In Russian).
2. Baldandorzhiev Zh.B. Small towns: typology and classification in the context of cultural heritage (on the example of small towns in Eastern Transbaikalia). *Gumanitarnyi vektor*. 2011. No. 3. (27), pp. 112–119. (In Russian).
3. Buldakov N.B. Problems and prospects of development of small towns in Russia. *Vestnik Shadrinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta*. 2011. No. 1 (10), pp. 167–169. (In Russian).
4. Cherenkov M. The heritage of the Kaliningrad region. The birthplace of two Russian dynasties. *Rossiya. Nasledie: federal'nyi mul'timediinyi proekt*. 2016. No. 2, pp. 76–85. (In Russian).
5. Repa D.A. Features of the urban development of Insterburg – Chernyakhovsk (Kaliningrad region). *New ideas of the new century: materials of the International scientific conference*. Khabarovsk. 2019. Vol. 2, pp. 227–232.
6. Ventsel' Yu., Kunitskaya N., Styazhkina V.V. Kontseptsiya rekonstruktsii ulitsy Lenina v gorode Chernyakhovske [The concept of reconstruction of Lenin Street in the city of Chernyakhovsk]. Berlin, Sankt-Peterburg. 2013. 88 p.
7. Krasnoshchekova N.S. Formirovanie prirodnogo karkasa v general'nykh planakh gorodov [Formation of a natural framework in the master plans of cities]. Moscow: Arkhitektura-S. 2010. 183 p.
8. Popov I.V. Cultural Chernyakhovsk. *Nadrovija: istoriko-kraevedcheskii zhurnal*. 2004. No. 5, pp. 13–14. (In Russian).
9. Herrmann C. *Mittelalterliche Architektur im Preußenland: Untersuchungen zur Frage der Kunstlandschaft und – geographie* [Medieval architecture in Prussia: studies on the question of artistic landscape and geography]. Petersberg: Michael Imhof Verlag. 2007. 816 p.
10. Weise Hg.E. *Handbuch der Historischen Stätten. Ost- und Westpreussen* [Handbook of Historical Sites. East and West Prussia]. Stuttgart: Kröner. 1981. 284 p.
11. Kulemzin A.M. Innovations and traditions in the preservation of cultural heritage. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. No. 1–3 (61), pp. 52–55. (In Russian).
12. Lysova N.Yu. Small historical city: cultural parameters and current problems. *Regiologiya*. 2008. No. 2, pp. 357–359. (In Russian).



Научно-технические услуги УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ



Контакты:

Тел./факс: (812) 317-80-46
Email: ntuslugi@spbgasu.ru

ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР (Росаккредитация)

- механические, физико-технические и аналитические испытания;
- научное обоснование применения, выявление причин разрушений;
- разработка нормативной и методической документации на продукцию в строительстве и методы ее испытаний;
- работы по совершенствованию методов, методик и средств испытаний;
- изготовление различных партий уникальных изделий по чертежам заказчиков.

ЦЕНТР ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ (Аттестованный)

- физические и механические испытания дисперсных и скальных грунтов;
- сложные испытания грунтов по специальным программам;
- адаптация результатов испытаний к различным расчетным моделям грунтов (модуль «Soiltest» ПК «Plaxis»);
- решение задач по совершенствованию методов, методик и средств испытаний.

КОНСАЛТИНГ

НАУЧНЫЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-КОНСАЛТИНГОВЫЙ ЦЕНТР ГЕОТЕХНОЛОГИЙ

- научное сопровождение проектирования и строительства сложных и опасных объектов;
- научные исследования и разработки в геотехнике и геотехнологии;
- консультации и экспертизы по вопросам строительства;
- инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания;
- геотехнический мониторинг объектов строительства и существующей застройки, в том числе высокоточные наблюдения осадок зданий, измерения параметров колебаний конструкций, определение длины и сплошности свай в грунте;
- разработка проектов на строительство фундаментов, котлованов, подвалов, дренажей и систем водоотведения;
- реконструкция и усиление фундаментов и оснований;
- привязка готовых проектов к условиям площадки строительства;
- техническое обследование зданий, дренажей, систем водоотведения, объектов незавершенного строительства.

КАФЕДРЫ

консультационные услуги в сфере их профессиональной деятельности, в том числе:

- по вопросам инженерной подготовки территории застройки, озеленению и созданию комфортной среды и т. п.;
- по подготовке проектной документации перед прохождением экспертизы и при снятии замечаний сторонних экспертиз, в том числе государственных;
- по подготовке проектной и рабочей документации перед прохождением экспертизы, а также при снятии замечаний сторонних экспертиз, в том числе государственных;
- консультации по разработке технической и технологической документации (технических условий, стандартов организаций, технологических регламентов, инструкций, рекомендаций и др.);
- консультации по применению новых строительных материалов, технологий и т. п.

ЭКСПЕРТИЗА

ИНСТИТУТ СУДЕБНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

- строительно-технические экспертизы с использованием приборной и лабораторной базы научно-технических центров и лабораторий;
- определение соответствия фактически выполненных на объекте строительно-монтажных работ условиям договора, актам КС-2 и т. п.;
- определение соответствия исполнительной документации по объекту требованиям законодательства Российской Федерации, нормативно-технической документации;
- определение соответствия качества выполненных на объекте строительно-монтажных работ требованиям нормативно-технической документации, условиям договора и др.;
- определение рыночной стоимости выполненных строительно-монтажных работ;
- определение размера причиненного ущерба, связанного со зданиями, сооружениями, конструкциями (в результате повреждений здания, случайной гибели имущества и т. д.);
- проверка смет на соответствие проекту, правильность применения расценок и т. д.
- проведение контрольных обмеров помещений, архитектурные обмеры с использованием наземного лазерного сканирования;
- экспертиза инженерно-геодезических изысканий;
- оценка стоимости земельного участка, оценка кадастровой стоимости объекта;
- исследование экспертных заключений с составлением рецензий или отзыва на экспертизу;

- **негосударственная экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий:**
 - экспертиза и аудит проектной документации;
 - оценка разделов проектной документации и принятых проектных решений требованиям технических регламентов;
 - оценка проектов объектов, не подлежащих обязательной экспертизе, в том числе перепланировок для межведомственной комиссии;
 - оценка рабочей документации на соответствие принятых решений требованиям технических регламентов, а также на соответствие проектной документации, получившей положительное заключение;
 - проверка достоверности определения сметной стоимости.
- ИНСТИТУТ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**
- заключения о возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств;
 - оценка ущерба после ДТП и других повреждений ТС;
 - оценка стоимости ТС для судебных органов, страховых компаний, нотариата, для продажи, дарения, раздела имущества, списания, переоценки и других целей;
 - технические, дорожные и ситуационные экспертизы при расследовании ДТП;
 - экспертные заключения о дефектах шин и колес, находящихся в эксплуатации, по нормам расхода ГСМ, по качеству ТО и ремонта ТС, по определению технических характеристик ТС, по пожарному и электротехническому состоянию ТС;
 - определение технического состояния основных средств (машины, оборудование, ТС) при подготовке к списанию.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗЫСКАНИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ

ПРОЕКТНАЯ СТУДИЯ

- дизайн-проекты, проекты для строительства, реконструкции и капитального ремонта зданий и сооружений.
- КАФЕДРА ДИЗАЙНА АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ**
- разработка проектов реконструкции зданий, благоустройства открытых городских пространств, элементов благоустройства;
 - разработка комплексных проектов в области ландшафтной архитектуры для населенных пунктов, проектов жилых и общественных зданий.

ЛАБОРАТОРИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- проектирование объектов капитального строительства с применением BIM-технологий;
- оцифровка проектной и рабочей документации жилых, общественных, промышленных зданий и сооружений;
- разработка цифровых библиотек, компонентов, узлов информационных объектов ОКС;
- создание и обработка моделей зданий для применения в виртуальной, дополненной реальности и т. д.

КАФЕДРА ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

- разработка информационных цифровых моделей ландшафтных и средовых объектов;
- разработка виртуальных моделей системы объектов на основе цифровой модели территории и т. п.;
- геодезическое обеспечение всех видов строительных и землеустроительных работ.



Дополнительное профессиональное образование

Институт повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов приглашает на обучение по дополнительным профессиональным программам в сфере строительства и архитектуры



Контакты:

Тел.: (812) 316-15-25, 495-36-07, 317-93-54
Email: ipk@spbgasu.ru

Повышение квалификации по направлениям (от 16 до 160 академических часов):

- ✓ Строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства
- ✓ Подготовка проектной документации объектов капитального строительства
- ✓ Инженерные изыскания для объектов капитального строительства
- ✓ Охрана труда в строительстве (со стажировкой в парке безопасности «Полигон «Умный труд»)
- ✓ Сметное дело
- ✓ Технологии информационного моделирования (с использованием в том числе nanoCAD, Renga, Tekla Structures и др.)

Профессиональная переподготовка (до 860 академических часов):

- ✓ Промышленное и гражданское строительство
- ✓ Архитектурное проектирование жилых и общественных зданий
- ✓ Реконструкция и реставрация архитектурного наследия
- ✓ Водоснабжение и водоотведение
- ✓ Теплогасоснабжение и вентиляция
- ✓ Судебная строительно-техническая и стоимостная экспертиза объектов недвижимости
- ✓ Экономика и управление строительной организацией.

По окончании обучения слушателям выдается удостоверение о повышении квалификации или диплом о профессиональной переподготовке.

УДК 621.6.072

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-20-26>

В.В. КОНЮШКОВ, канд. техн. наук (v.konyushkov@mail.ru)

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

Усилия и деформации в свайном поле со сплошной ростверковой плитой

Некоторые современные здания и сооружения могут иметь нестандартные архитектурно-планировочные решения: сложные формы в плане и по высоте, секции с различной этажностью, подземное пространство с разной глубиной заложения, неодинаковые расстояния между несущими элементами, перекрытия на различных высотных отметках и т. д. Все эти особенности приводят к неравномерной передаче нагрузок на фундаменты и образованию локальных участков, где концентрируются краевые напряжения и деформации. Если при этом инженерно-геологические условия площадки представлены слабыми грунтами значительной мощности (15–20 м и более), то наиболее оптимальным фундаментом будет свайное поле со сплошной ростверковой плитой. Несущая способность и деформации свайного поля со сплошной ростверковой плитой во многом определяются характеристиками несущего слоя грунта под пятой свай, жесткостями свай и распределением нагрузок от сооружения. Эти параметры, в свою очередь, зависят от выбора несущего слоя грунта под пятой свай, геометрических параметров свайного поля (длины, диаметра, шага свай) и конструктивных особенностей здания. В настоящей статье приведена последовательность проектирования фундамента под здание со сложной архитектурой и нагрузками с целью получения наиболее оптимального распределения усилий и деформаций в свайном поле.

Ключевые слова: моренные и вендские геологические отложения, усилия и деформации свайного фундамента.

Автор благодарит своих коллег с кафедры геотехники СПбГАСУ за поддержку и консультации: д-ра техн. наук, проф. Р.А. Мангушева и канд. техн. наук И.П. Дьяконова.

Для цитирования: Конюшков В.В. Усилия и деформации в свайном поле со сплошной ростверковой плитой // *Жилищное строительство*. 2022. № 4. С. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-20-26>

V.V. KONYUSHKOV, Candidate of Sciences (Engineering) (v.konyushkov@mail.ru)
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(4, Vtoraya Krasnoarmeiskaya Street, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation)

Forces and Deformations in a Pile Field with a Solid Grillage Slab

Some modern buildings and structures may have non-standard architectural and planning solutions: complex shapes in plan and height, sections with different storeys, underground space with different depths of laying, unequal distances between load-bearing elements, overlaps at different elevations, etc. All these features lead to uneven transfer of loads to the foundations and the formation of local areas where edge stresses and deformations are concentrated. If, at the same time, the engineering and geological conditions of the site are represented by weak soils of considerable capacity (15–20 m or more), then the most optimal foundation will be a pile field with a solid grillage plate. The bearing capacity and deformations of a pile field with a solid grillage plate are largely determined by the characteristics of the bearing layer of the soil under the heel of the piles, the rigidity of the piles and the distribution of loads from the structure. These parameters, in turn, depend on the choice of the bearing layer of soil under the heel of the piles, the geometric parameters of the pile field (length, diameter, pitch of the piles) and the structural features of the building. This article presents the sequence of foundation design for a building with complex architecture and loads in order to obtain the most optimal distribution of forces and deformations in a pile field.

Keywords: moraine and vendian geological deposits, forces and deformations of pile foundation.

The author thanks his colleagues from the Department of Geotechnics of SPbGASU for their support and advice: Doctor of Sciences (Engineering), Professor R.A. Mangushev and Candidate of Sciences (Engineering) I.P. Dyakonov.

For citation: Konyushkov V.V. Forces and deformations in a pile field with a solid grillage slab. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 4, pp. 20–26. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-20-26>

При проектировании фундаментов под здания со сложной архитектурой и конструктивом распределение внешних нагрузок может носить неравномерный характер. Это, как правило, приводит к локализации краевых напряжений и деформаций в свайном поле. В этом случае у некоторых свай усилия могут превысить их несущую способность, а локальные участки ростверковой плиты могут не пройти по неравномерности напряжений и деформаций. Вопросами взаимодействия свайного фундамента, с грунтовым основанием в том числе, с учетом оптимизации процесса проектирования занимались многие отечественные и зарубежные ученые [1–9].

Основной целью настоящей статьи является изложение основных принципов расчетов и проектирования массивных свайных полей с неразрезной ростверковой плитой, отвечающих требованиям прочности и деформативности и в то же время не являющихся чрезмерно финансово-затратными.

Краткая характеристика основных несущих грунтовых комплексов Санкт-Петербурга в основании свайных фундаментов

Геологические условия Санкт-Петербурга представлены в верхней толще (6–20 м и более) речными (*al IV*), морскими (*ml IV*), озерно-ледниковыми отложениями (*lg IV*), которые по физическим свойствам характеризуются высокими значениями коэффициентов пористости и влажности [10–12]. Вследствие этого механические характеристики этих грунтов обладают низкой прочностью и сильной деформируемостью и, как правило, не могут служить в качестве несущего слоя свайных фундаментов. В геологических условиях Санкт-Петербурга основными грунтовыми отложениями, которые могут служить в качестве не-

сущего слоя под пятой свайных фундаментов, являются моренные отложения (*g III*) и вендские отложения (*vkt 2*). На основе изучения архивных данных многолетних изысканий ЗАО «ЛЕНТИСИЗ» и других изыскательских организаций Санкт-Петербурга построены схематические карты распространения по площади и глубине этих геологических комплексов. Также путем сопоставительного анализа основных прочностных и деформационных свойств этих грунтов определены их усредненные физико-механические характеристики.

На рис. 1, 2 приведены схематические карты Санкт-Петербурга с глубиной залегания кровли моренных и вендских отложений.

В таблице приведены усредненные значения физико-механических характеристик основных грунтовых отложений Санкт-Петербурга.

Геотехническое обоснование параметров свайных фундаментов

Основным требованием при проектировании свайных фундаментов является обеспечение условий двух предельных состояний: по несущей способности и по деформациям. Исходя из краткого анализа геологических условий Санкт-Петербурга, выполненного выше, очевидно, что чем глубже будут расположены сваи, тем больше будет несущая способность и меньше деформации свайного фундамента. Однако значительное увеличение глубины заложения пяты свай будет существенно увеличивать стоимость такого фундамента. Поэтому уже на этапе проектирования необходимо технически и экономически обосновать конструктивно-технологические параметры будущего свайного фундамента.

Рассмотрим пример здания со сложным архитектурно-планировочным решением и неравномерным

Усредненные физико-механические свойства грунтов Санкт-Петербурга
Averaged physical and mechanical properties of St. Petersburg soils

Характеристики	Обозначения, единицы измерения	Речные, морские, озерно-ледниковые отложения (<i>al IV, ml IV, lg IV</i>)	Моренные отложения (<i>g III</i>)	Вендские отложения (<i>vkt 2</i>)
Удельный вес	γ , кН/м ³	17–19	19–20	20–22
Влажность	W , %	50–30	30–20	20–10
Коэффициент пористости	e , –	1–0,7	0,7–0,5	0,5–0,3
Показатель текучести	I_L , –	1–0,5 (для глинистых грунтов)	0,5–0,25	менее 0,25
Удельное сцепление	c , кПа	0–5 – пески 5–20 – глинистые грунты	20–50	50–100 и более
Угол внутреннего трения	φ , °	20–30 – пески 5–20 – глинистые грунты	20–30	20–30
Соппротивление недренированному сдвигу	c_u , кПа	10–40	40–75	75–300 и более
Модуль деформации	E , МПа	5–15	15–30	30–50 и более

Примечание. Красным цветом выделены грунты низкой прочности (сильнодеформируемые); желтым – средней прочности (среднедеформируемые); зеленым – высокой прочности (средне- и слабодеформируемые).

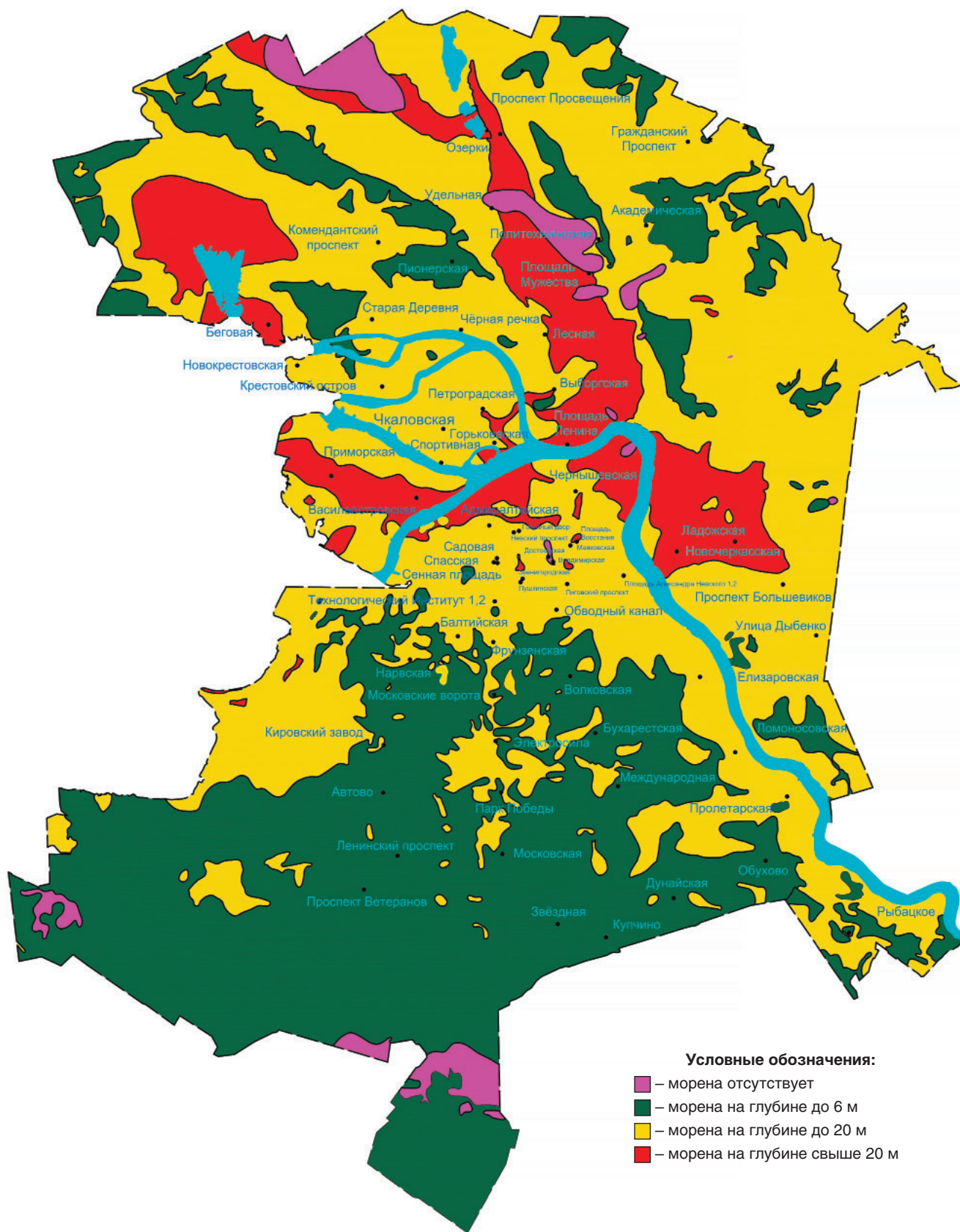


Рис. 1. Схема глубины залегания кровли моренных отложений
Fig. 1. Diagram of the depth of the roof of moraine deposits

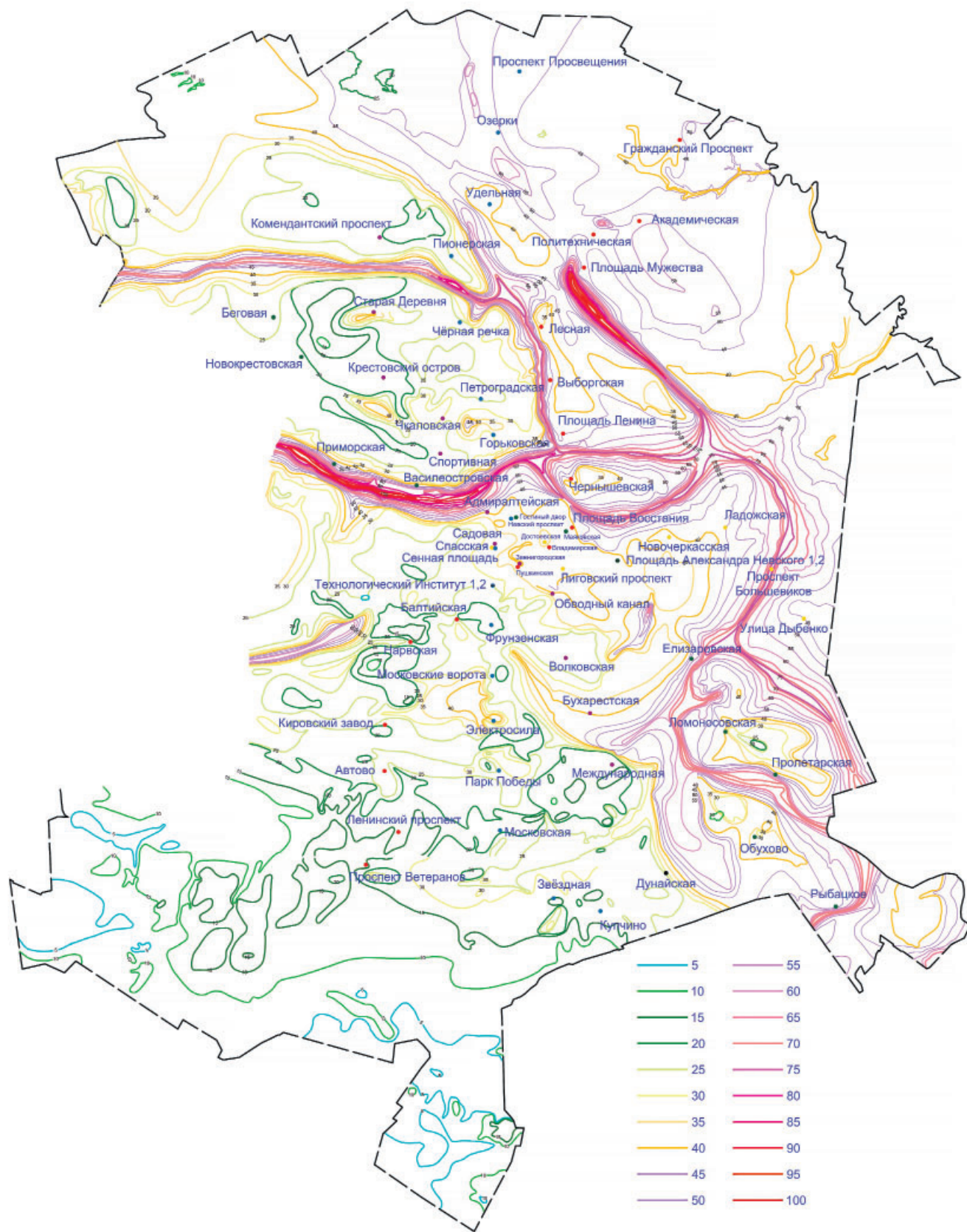


Рис. 2. Схема глубины залегания кровли вендских отложений
Fig. 2. Scheme of the depth of the roof of vendian deposits

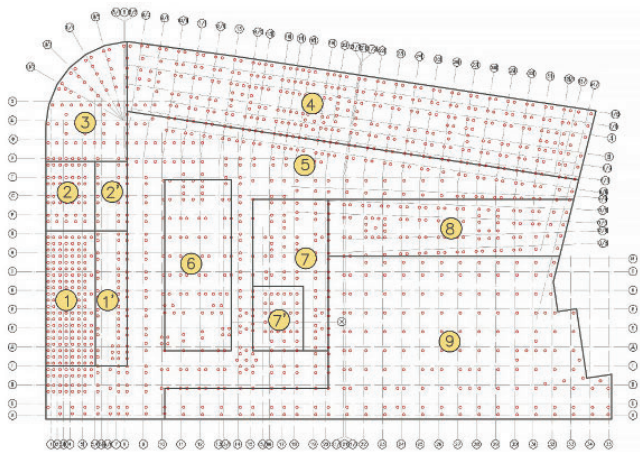


Рис. 3. Схема фундамента с участками с одинаковыми нагрузками и расстановкой свай

Fig. 3. The scheme of the foundation with sections with the same loads and placement of piles

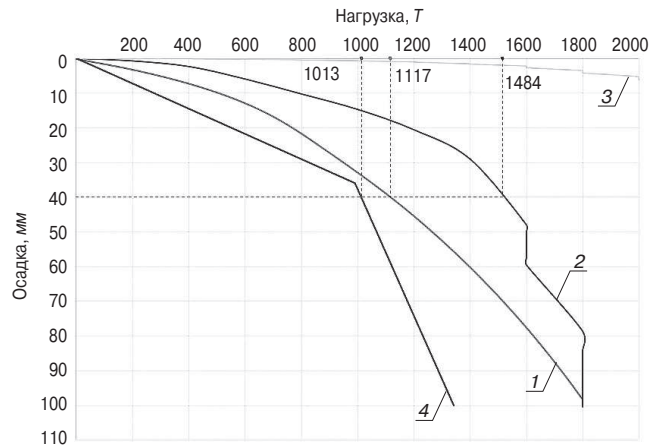


Рис. 4. Сопоставление поведения одиночной сваи под нагрузкой с помощью различных методов: 1 – моделирование в Plaxis; 2 – испытание сваи № 1; 3 – испытание сваи № 2; 4 – расчет по нормам в билинейной постановке

Fig. 4. Comparison of the behavior of a single pile under load using various methods: 1 – simulation in Plaxis; 2 – test of pile № 1; 3 – test of pile № 2; 4 – calculation according to norms in a bilinear formulation

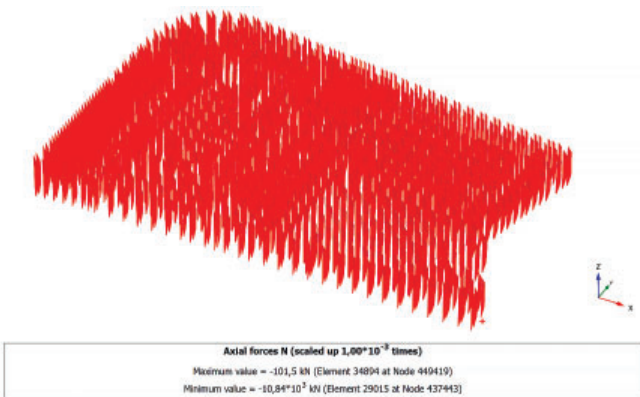


Рис. 5. Сжимающие усилия в свайном поле по результатам численного моделирования в программе Plaxis

Fig. 5. Compressive forces in a pile field based on the results of numerical simulation in the Plaxis program

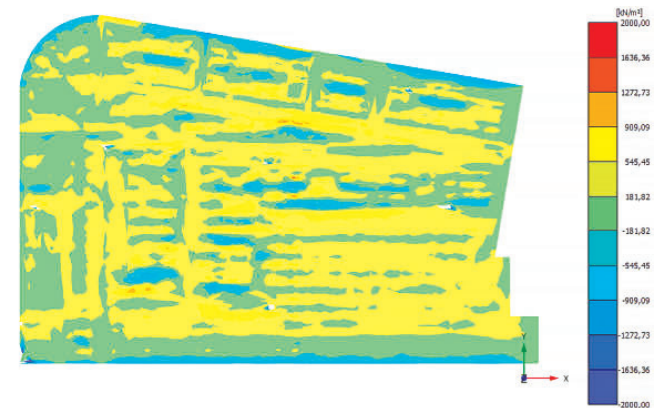


Рис. 6. Распределение напряжений в ростверковой плите по оси Y по результатам численного моделирования в программе Plaxis

Fig. 6. Stress distribution in the grillboard along the Y axis according to the results of numerical simulation in the Plaxis program

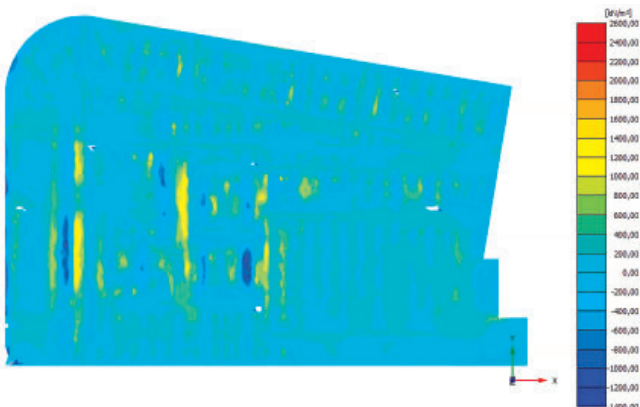


Рис. 7. Распределение напряжений в ростверковой плите по оси X по результатам численного моделирования в программе Plaxis

Fig. 7. Stress distribution in the grillboard along the X axis according to the results of numerical simulation in the Plaxis program

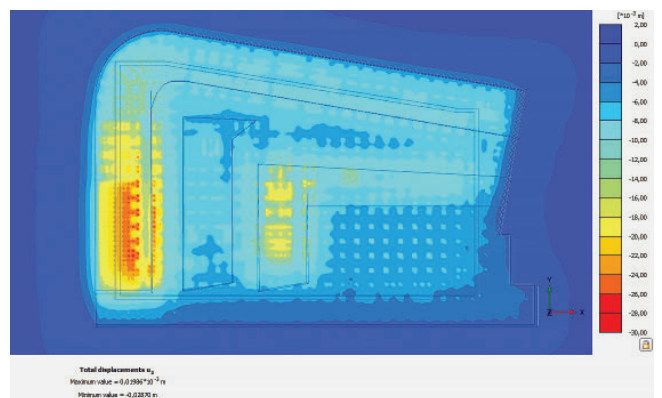


Рис. 8. Осадки ростверковой плиты по результатам численного моделирования в программе Plaxis

Fig. 8. Settlement of the grillboard according to the results of numerical simulation in the Plaxis program

распределением нагрузок от надземных конструкций в условиях значительной толщи слабых грунтов. В западной части Санкт-Петербурга в Приморском районе разработан проект многофункционального комплекса с переменной этажностью от 2 до 15 этажей, сложной конструктивной схемой в плане и по высоте, двумя подземными этажами. Необходимо было выполнить геотехническое обоснование проекта свайного фундамента. На первом этапе выполнено разделение фундамента на участки, где действуют распределенные нагрузки, одинаковые по величине. Всего выделено 12 таких участков. Далее в пределах каждого участка выполнена расстановка свай с шагом 3,5–9 м.

На рис. 3 приведена схема фундамента с двенадцатью выделенными участками с одинаковыми нагрузками и расстановкой свай.

На следующем этапе произведен анализ геологических условий площадки, на основе которого установлено, что в качестве несущих слоев пяты свай могут быть моренные отложения (*g III*) или вендские отложения (*vkt 2*). Моренные отложения расположены на глубинах 22–26 м от планировочной отметки рельефа и имеют небольшую мощность (4–6 м). Как правило, морена с незначительной мощностью является перемятой (дислоцированной) и обладает не очень надежными свойствами.

В связи с этим в качестве несущего слоя выбраны вендские отложения. Для определения оптимальной длины свай выполнены расчеты осадки свай от нагрузки в билинейной постановке и определена несущая способность свай по грунту при осадке 40 мм. После этого выполнено численное моделирование полевого испытания свай на вдавливающую нагрузку и получена несущая способность численным методом при осадке, равной 40 мм. По результатам обоих расчетов оптимальная длина свай составила 34 м от планировочной отметки рельефа. Далее заказчику рекомендовано провести полевые испытания двух одиночных свай на статическую вдавливающую нагрузку.

На рис. 4 приведены результаты сопоставления поведения свай под нагрузкой по результатам расчетов по нормам (в билинейной постановке) с помощью программы Plaxis и путем полевых испытаний двух свай статической нагрузкой в идентичных геологических условиях.

Как видно из рис. 4, поведение свай под нагрузкой в билинейной постановке показывает существенно заниженное значение несущей способности (10130 кН) по сравнению с другими методами. Моделирование в программе Plaxis прогнозирует несущую способность несколько выше билинейной задачи (11170 кН). Полевые же испытания двух свай выдают разницу более чем в 1,5 раза (14840 кН при осадке

40 мм и 20000 кН при осадке 6 мм). В результате анализа полевых испытаний установлена несущая способность свай по грунту, которая с учетом всех коэффициентов составила 11850 кН.

На следующем этапе на основе известной величины несущей способности свай по грунту приняты следующие параметры свайного поля:

- длина свай 34 м;
- диаметр свай 1,18 м;
- шаг свай в свайном поле 3–5 диаметров свай, м;
- общее количество свай 1395.

Далее в программном комплексе Plaxis выполнено численное моделирование свайного фундамента по назначенным параметрам.

По итогам численного моделирования получены следующие результаты, приведенные на рис. 5–8 в графическом виде. На рис. 5: $N_{max}=10840 \text{ кН} < N_d = 11850 \text{ кН} < N_{dm}=18550 \text{ кН}$ (максимальное сжимающее усилие в свае не превышает несущей способности свай по грунту и по материалу); на рис. 6, 7: распределение напряжений в ростверковой плите по осям X, Y носит практически равномерный характер с небольшой концентрацией растягивающих напряжений на некоторых локальных участках; на рис. 8: $S_{max}=2,9 \text{ см} < S_{ult}=15 \text{ см}$ (максимальная осадка ростверковой плиты не превышает предельно допустимой осадки).

Заключение

Для оптимизации проектирования свайных полей со сплошной ростверковой плитой и неравномерными внешними нагрузками предлагается следующая последовательность проектирования:

- в свайном поле желательно выделить участки с одинаковыми распределенными нагрузками и выполнить расстановку свай с равномерным шагом на каждом участке;
- глубину заделки пяты свай в несущем слое грунта необходимо назначать с учетом прогнозирования осадки свай от нагрузки аналитическими и численными расчетами;
- перед окончательным проектированием свайного поля необходимо провести предпроектные полевые испытания как минимум двух свай на статическую нагрузку и установить несущую способность свай по грунту;
- жесткость ростверковой плиты необходимо назначать с учетом понижающего коэффициента за счет ползучести бетона.

Проведение этих мероприятий позволит более равномерно распределить напряжения и деформации в фундаменте, обеспечить требования технических регламентов по прочности и деформативности свай и ростверка и одновременно избежать необоснованных решений и чрезмерных финансовых затрат.

Список литературы

- Ильичев В.А., Мангушев Р.А. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М.: АСВ, 2016. 1031 с.
- Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. Современные свайные технологии. М.: АСВ, 2010. 240 с.
- Мангушев Р.А., Конюшков В.В., Дьяконов И.П. Анализ практического применения завинчиваемых набивных свай // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2014. № 5. С. 11–16.
- Мангушев Р.А., Осокин А.И., Конюшков В.В., Дьяконов И.П., Ланько С.В. Проектирование оснований, фундаментов и подземных сооружений. М.: АСВ, 2021. 632 с.
- Kok-Kwang Phoon, Jianye Ching. Risk and Reliability in geotechnical engineering. London. New York. CRC Press. Taylor and Francis group, 2015. 594 p.
- Kun Song, Lu Gongda, Zhang Guodong, Liu Yiliang, 2017. Influence of uncertainty in the initial groundwater table on long term stability of reservoir landslides. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment*. 2017. No. 3, pp. 901–908.
- Roger A. Failmezger, Paul J. Bullock, Richard L. Handy. Site variability, risk and beta. *Proceedings ISC-2 on Geotechnical and Geophysical Site Characterization, Viana da Fonseca & Mayne (eds.)*. Rotterdam: Millpress. 2004, pp. 913–920.
- Шулятьев О.А. Основания и фундаменты высотных зданий. М.: АСВ, 2016. 392 с.
- Шулятьев О.А., Мозгачева О.А., Поспехов В.С. Освоение подземного пространства городов. М.: АСВ, 2017. 510 с.
- Филиппов Н.Б., Спиридонов М.А., Бахарев Т.С. и др. Геологический атлас Санкт-Петербурга. СПб.: Комильфо, 2009. 57 с.
- Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Котюков П.В., Шидловская А.В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга // *Развитие городов и геотехническое строительство*. 2011. № 1. С. 1–47.
- Vladimir Konyushkov, Van Trong Le. Side friction of sandy and clay soils and their resistance under the toe of deep bored piles (at a depth of up to 100 m). *Architecture and Engineering*. 2020. Vol. 5. Iss. 1, pp. 36–44.
- ya [Geotechnics Reference Book. Foundations, foundations and underground structures]. Moscow: ASV. 2016. 1031 p.
- Mangushev R.A., Ershov A.V., Osokin A.I. Sovremennye svaynye technologii [Modern pile technologies]. Moscow: ASV. 2010. 240 p.
- Mangushev R.A., Konyushkov V.V., Dyakonov I.P. Analysis of the practical application of screw-down stuffed piles. *Osnovaniya, fundamwnty i Mehanika gruntov*. 2014. No. 5, pp. 11–16. (In Russian).
- Mangushev R.A., Osokin A.I., Konyushkov V.V., Dyakonov I.P., Danko S.V. Proektirovanie osnovaniy, fundamentov i podzemnix sooruzheniy [Projecting of bases, foundations and underground structures]. Moscow: ASV. 2021. 632 p.
- Kok-Kwang Phoon, Jianye Ching. Risk and Reliability in geotechnical engineering. London. New York. CRC Press. Taylor and Francis group. 2015. 594 p.
- Kun Song, Lu Gongda, Zhang Guodong, Liu Yiliang, 2017. Influence of uncertainty in the initial groundwater table on long term stability of reservoir landslides. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Official Journal of the International Association for Engineering Geology and the Environment*. 2017. No. 3, pp. 901–908.
- Roger A. Failmezger, Paul J. Bullock, Richard L. Handy. Site variability, risk and beta. *Proceedings ISC-2 on Geotechnical and Geophysical Site Characterization, Viana da Fonseca & Mayne (eds.)*. Rotterdam: Millpres. 2004, pp. 913–920.
- Shulyatyev O. A. Osnovaniya i fundamenti vysotnyh zdanii [Bases and foundations of high-rise buildings]. Moscow: ASV. 2016. 392 p.
- Shulyatyev O.A., Mozgachyova O.A., Posphehov V.S. Osvoenie podzemnogo prostranstva gorodov [Development of underground space of cities]. Moscow: ASV. 2017. 510 p.
- Filippov N.B., Spiridonov M.A., Bakharev T.S. and others. Geologicheskii Atlas Sankt-Peterburga [Geological Atlas of St. Petersburg]. Saint Petersburg: Comme il faut, 2009. 57 p.
- Dashko R.E., Aleksandrova O.Yu., Kotyukov P.V., Shidlovskaya A.V. Features of engineering-geological conditions of St. Petersburg. *Razvitie gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo*. 2011. No. 13, pp. 25–71. (In Russian).
- Vladimir Konyushkov, Van Trong Le. Side friction of sandy and clay soils and their resistance under the toe of deep bored piles (at a depth of up to 100 m). *Architecture and Engineering*. 2020. Vol. 5. Iss. 1, pp. 36–44.

References

- Il'ichev V.A. Mangushev R.A. Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenti i podzemnie sooruzeni-

УДК 678.029.46

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-27-39>

А.Д. ДЕНИСОВА, аспирант (denisova.frp@gmail.com),
А.С. ШЕХОВЦОВ, канд. техн. наук (a.shekhovtsov@gip.su),
Ю.С. АППОЛОНОВА, инженер (appolonova.gasu@gmail.com)

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

Влияние геометрических характеристик фиброармированного полимера (ФАП) на напряжения на границе раздела «ФАП–бетон»

Приводится описание и определение отслоения – предельного состояния, свойственного конструкциям, усиленным внешне ФАП-армированием. Обосновывается актуальность учета отслоения при проектировании. Описан процесс численного моделирования испытания изгибаемого железобетонного элемента, усиленного внешним ФАП ламинатом. Особое внимание уделено заданию контакта фиброармированного полимера с бетоном. Проведено исследование влияния геометрических характеристик ФАП (ширины, толщины и площади поперечного сечения) на межфазные напряжения в фиброармированном полимере и бетоне на их границе раздела.

Ключевые слова: усиление, железобетонные конструкции, композитные материалы, система внешнего армирования, численное моделирование, межфазные напряжения, сцепление, совместная работа.

Для цитирования: Денисова А.Д., Шеховцов А.С., Апполонова Ю.С. Влияние геометрических характеристик фиброармированного полимера (ФАП) на напряжения на границе раздела «ФАП–бетон» // *Жилищное строительство*. 2022. № 4. С. 27–39. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-27-39>

A.D. DENISOVA, Postgraduate Student (Engineering) (denisova.frp@gmail.com),
A.S. SHEKHOVTSOV, Candidate of Sciences (Engineering) (a.shekhovtsov@gip.su),
Yu.S. APPOLONOVA, Engineer (appolonova.gasu@gmail.com)
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(4, Vtoraya Krasnoarmeiskaya Street, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation)

Influence of Geometric Characteristics of Fiber Reinforced Polymer (FRP) on Stresses at the FRP–Concrete Interface

A description and definition of delamination – the limiting state inherent for structures reinforced with external fiber reinforced polymer (FRP) is presented. The relevance of accounting for detachment when designing is justified. The process of numerical simulation of testing a bent reinforced concrete element strengthened with an external FRP laminate is described. Particular attention is paid to the task of contact between the FRP and concrete. A study of the influence of the geometric characteristics of the FRP (width, thickness and cross-sectional area) on the interfacial stresses in fiber reinforced polymer and concrete at their interface is conducted.

Keywords: strengthening, reinforced concrete structures, composite materials, external reinforcement system, numerical modeling, interfacial stresses, bond, joint work.

For citation: Denisova A.D., Shekhovtsov A.S., Appolonova Yu.S. Influence of geometric characteristics of fiber reinforced polymer (FRP) on stresses at the FRP–concrete interface. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 4, pp. 27–39. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-27-39>

Применение систем внешнего армирования (СВА) из композиционных материалов для железобетонных конструкций представляет практический интерес. В свою очередь, безопасность и эффективность конструктивных решений по усилению должны иметь проектное обоснование в соответствии с актуальными нормами. Проводимые научные исследования по проблемам усиления железобетонных (ж/б) конструкций внешним армированием в нашей стране, а также зарубежный опыт дают возмож-

ность совершенствовать теоретические и экспериментальные методы решения инженерных задач. Приоритетными направлениями исследования являются: вопросы описания напряженно-деформированного состояния усиленной конструкции на всех этапах ее работы; долговечность материалов СВА и ж/б конструкций после усиления; развитие эффективных методов испытаний и расчета усиления ж/б конструкций, в том числе системами с предварительным напряжением и др.

В качестве композиционного материала в СВА используется фиброармированный полимер (ФАП), пропитанный заранее или непосредственно на площадке эпоксидным составом. В зависимости от техники усиления ФАП может быть представлен в форме гибких тканых изделий (ленты, ткани) и жестких ламинатов.

Рассмотрим сечение ж/б изгибаемого элемента с внешним ФАП-армированием двух типов (лентой и ламинатом). При усилении к ж/б сечению добавляются дополнительные слои, что делает его составным. Сечение после усиления тканями будет двусоставным, ламинатами – трехсоставным (за счет наличия адгезива в СВА).

Разрушение составных сечений может произойти либо по одному из слоев, либо по их контакту [1, 2]. В последнем случае это происходит из-за разницы в межфазных напряжениях в двух смежных материалах, которые могут вызвать смещение приповерхностных слоев относительно друг друга.

Различие в прочностных и деформационных свойствах железобетона и внешнего армирования, а также «слоистость» получаемого сечения способствуют развитию сдвигов на их контакте уже на начальных этапах загрузки [1].

При появлении первых сдвигов контакт начинает работать податливо, что приводит к различиям деформаций в ФАП и бетоне на границе их раздела. При дальнейшем росте нагрузки податливость соединения будет увеличиваться до тех пор, пока разность деформаций/напряжений в бетоне и ФАП не достигнет своего предела. Достижение предельной разницы говорит о потере сцепления. А так как внешне прикрепленному листовому ФАП ничего не препятствует со стороны его крайнего растянутого волокна, он начинает выключаться из совместной работы с железобетоном, т. е. отслаиваться.

Отслоение – это потеря совместности работы (нарушение сцепления) ФАП и бетона, которая наступает при достижении предельного значения разницы деформаций/напряжений в ФАП и бетоне на границе их раздела; она является специфическим предельным состоянием, свойственным изгибаемым элементам с внешним листовым армированием.

Экспериментально показано, что для ж/б конструкций, усиленных данным методом, общая жесткость значительно зависит от деформативности контакта по границе «ФАП–бетон», а несущая способность изгибаемого элемента ограничивается прочностью его нормальных и/или наклонных сечений, а также прочностью сцепления между ФАП и бетоном [3–20].

Отслоение как предельное состояние может быть для конструкции переходным на другую стадию НДС

или свидетельствовать о разрушении усиленной конструкции, что делает вопрос его прогнозирования актуальной задачей.

Опыт лабораторных испытаний [3–20] показал, что НДС может возникнуть как в пролете конструкции, так и по краям ФАП в сечениях с трещинами и без. Причинами отслоения выступают силовые факторы (работа конструкции под нагрузкой) или ошибки (на этапе выбора материалов усиления, подготовки поверхности или монтажа СВА). Отслоение может проходить в одном из материалов (бетоне защитного слоя, адгезиве, ФАП) или на границе раздела («защитный слой бетона – стальная арматура», «адгезив–бетон», «ФАП–адгезив»).

Вид ФАП влияет на характер отслоения, а значит, и на работу усиленной конструкции в целом.

Так, для ж/б элементов, усиленных гибкими тканями ФАП, отслоение чаще всего происходит по границе «защитный слой бетона – стальная арматура», и задача о совместности работы СВА и ж/б конструкции может решаться методами теории сопротивления железобетона. Для элементов же с жесткими ламинатами потеря сцепления СВА с ж/б проходит по приповерхностному слою бетона на границе раздела «адгезив–бетон». В этом случае отслоение чаще свидетельствует о разрушении и носит хрупкий характер. При этом общепринятых методов его прогнозирования, в полной мере учитывающих специфику материалов СВА, на сегодняшний день нет.

Предполагается, что, как и в задаче сцепления арматуры с бетоном, на совместность работы СВА и железобетона будут влиять их геометрические и механические характеристики. В настоящей работе предлагается рассмотреть влияние геометрических характеристик коммерчески доступных углеродных ФАП ламинатов на межфазные напряжения на границе раздела ФАП–бетон. Результаты работы могут быть использованы при дальнейшей оценке прочности сцепления и прогнозировании отслоения.

Описание численного исследования

В ПК *ANSYS 2020 R2* проводится моделирование испытания железобетонных плит, усиленных ФАП ламинатом, на изгиб при действии статических нагрузок.

Целью настоящей работы является численное исследование влияния геометрических параметров ФАП (ширины, толщины, площади поперечного сечения) на межфазные напряжения в ФАП и бетоне по длине их сцепления.

Описание образцов. Опытные образцы представляют собой плоские железобетонные плиты (2700×450×150 мм), усиленные внешне углеродным

Таблица 1
Table 1

Характеристики материалов ж/б сечения и параметры армирования
Characteristics of materials of reinforced concrete cross-section and reinforcement parameters

Бетон В25			Арматура А400							
$R_{b,n}$, МПа	$R_{bt,n}$, МПа	E_b , МПа	$R_{s,n}$, МПа	$E_{s,n}$, МПа	d_s , мм	n_s , шт.	a_s , мм	d_{sc} , мм	n_{sc} , шт.	a_{sc} , мм
18,5	1,55	30 000	400	200 000	12	3	30	12	3	30

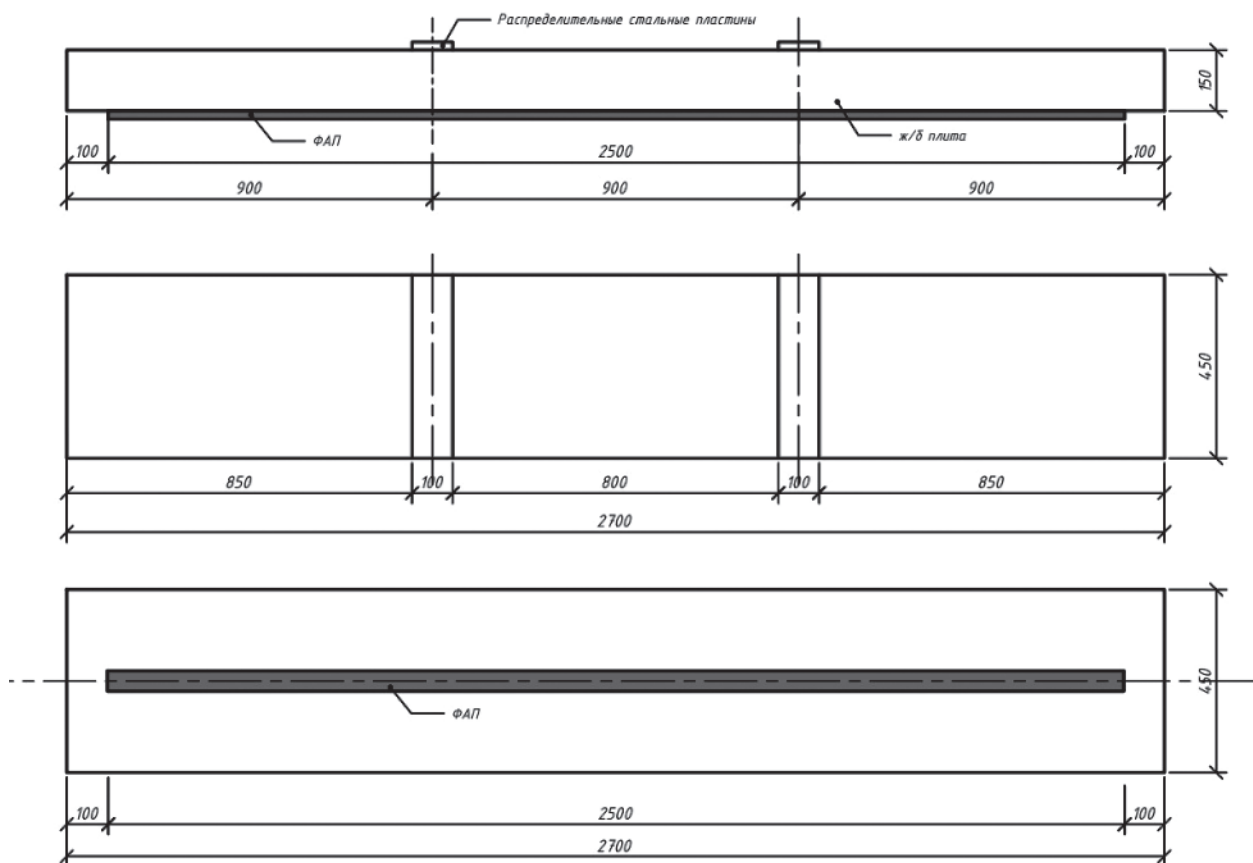


Рис. 1. Схема опытного образца
Fig. 1. The scheme of the prototype

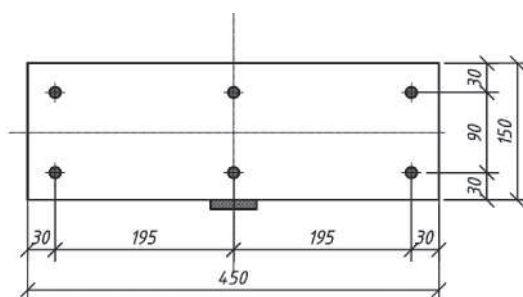


Рис. 2. Схема расчетного сечения образца
Fig. 2. Design cross-section diagram of the sample

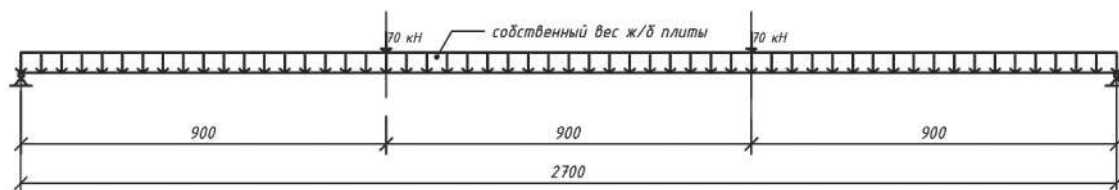


Рис. 3. Расчетная схема
Fig. 3. Calculation scheme

Таблица 2
Table 2Характеристики ФАП для серии испытаний I
FRP characteristics for Test Series I

№	Наименование образца	Предел прочности при разрыве R_f , МПа	Модуль упругости E_f , МПа	Толщина t_f , мм	Ширина b_f , мм
1	П-1.Ш50	2070	145 000	1,4	50
2	П-1.Ш55				55
3	П-1.Ш60				60
4	П-1.Ш70				70
5	П-1.Ш80				80
6	П-1.Ш90				90
7	П-1.Ш100				100

Таблица 3
Table 3Характеристики ФАП для серии испытаний II
FRP characteristics for Test Series II

№	Наименование образца	Предел прочности при разрыве R_f , МПа	Модуль упругости E_f , МПа	Толщина t_f , мм	Ширина b_f , мм
1	П-2.Т1.4	2070	145 000	1,4	50
2	П-2.Т2.0			2	
3	П-2.Т2.7			2,7	

Таблица 4
Table 4Характеристики ФАП для серии испытаний III
FRP characteristics for Test Series III

№	Наименование образца	Предел прочности при разрыве R_f , МПа	Модуль упругости E_f , МПа	Толщина t_f , мм	Ширина b_f , мм	
1	П-3.Т1.4Ш50	2070	145 000	1,4	50	
2	П-3.Т1.4Ш55				55	
3	П-3.Т1.4Ш60				60	
4	П-3.Т1.4Ш70				70	
5	П-3.Т1.4Ш80				80	
6	П-3.Т1.4Ш90				90	
7	П-3.Т1.4Ш100				100	
8	П-3.Т2.7Ш50			2,7	50	
9	П-3.Т2.7Ш55					55
10	П-3.Т2.7Ш60					60
11	П-3.Т2.7Ш70					70
12	П-3.Т2.7Ш80					80
13	П-3.Т2.7Ш90					90
14	П-3.Т2.7Ш100					100

ФАП ламинатом *FibArm Lamel L*. Схема плиты и ее расчетное сечение представлены на рис. 1 и 2, характеристики материалов и параметры армирования приведены в табл. 1. Параметры ж/б образцов приняты аналогичными тем, что применяются в лабораторных испытаниях, проводимых в настоящее время в рамках исследования работы изгибаемых ж/б элементов, усиленных внешним ФАП-армированием с предварительным напряжением и без него.

В ПК *ANSYS* моделируются 24 образца в трех сериях испытаний: в первой изменяется ширина ФАП b_f , во второй – толщина t_f , в третьей – площадь поперечного сечения A_f . Варьируемые параметры ФАП для каждой серии представлены в табл. 2–4.

Расчетная схема плиты – шарнирно-опертая балка, нагруженная двумя сосредоточенными силами (рис. 3). Внешние силы прикладываются через распределительные стальные пластины, кото-

рые передают нагрузку на плиту равномерно по ее ширине.

КЭ-моделирование. Процесс численного моделирования состоял из: создания геометрии образцов; назначения типов конечных элементов (КЭ); задания материалов; задания граничных условий; моделирования контактов – внутренней стальной арматуры с бетоном и внешнего ФАП-армирования с бетоном; приложения внешней нагрузки.

Были назначены следующие типы КЭ: для бетона – *SOLID185* (с размерами 50×50×50 мм); для стальной арматуры – *REINF264*; для ФАП ламината – *SOLID185*; для создания контакта на границе раздела для ФАП присваивается КЭ типа *CONTA174*, для бетона – *TARGE170*.

Граничные условия назначаются таким образом, что для плиты разрешается только поворот относительно оси *Y* (перпендикулярно направлению волокон в ФАП).

Работа бетона описывается трехлинейной диаграммой деформирования, заданной согласно СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» с Изм. № 1. Для моделирования стальной арматуры и ФАП ламината заданы характеристики, полученные по результатам экспериментальных исследований [21–22] и предоставленные производителем.

Для передачи внешней нагрузки на элемент моделируются стальные распределительные пластины размером 450×100×10 мм, предел текучести стали – 250 МПа. Геометрия и материал пластин подобраны исходя из требований: 1) при действии нагрузок пластины не должны деформироваться; 2) передача нагрузки на образец должна быть равномерной по всей его ширине.

Контакт стальной арматуры с бетоном задается жестким функцией *Bonded*.

Для моделирования включения в совместную работу ФАП и бетона рассмотрим сечение, получаемое

после усиления. Из рис. 4 видно, что конструкция является многослойной. А при обеспеченном сцеплении стальной арматуры и бетона сечение будет трехслойным.

Как говорилось ранее, отслоение носит ограниченный характер относительно полной высоты сечения. Область его распространения составляет участок от самого ФАП до внутренней растянутой арматуры. Рассмотрим эту область. Из рис. 4 видно, что выделенная область включает в себя три слоя: ФАП, адгезив и бетон (высотой защитного слоя).

При толщине адгезива менее 2 мм справедливы следующие допущения [23–26]:

- адгезив однороден по высоте;
- адгезив подвержен только сдвиговым усилиям;
- эффекты изгиба малы относительно толщины адгезива;
- нормальные напряжения равномерно распределены по толщине слоя.

Учитывая вышеперечисленные допущения, для упрощения расчета примем, что сечение после усиления будет двухслойным, состоящим из бетона и ФАП с границей раздела «ФАП-бетон». Адгезив здесь выполняет функцию связей. Соответственно, задача сводится к моделированию связей между ФАП и бетоном таким образом, чтобы исключить один дополнительный слой – адгезив и при этом учесть влияние его свойств на прочность сцепления.

ПК *ANSYS* позволяет задавать соединения материалов двумя способами. **Первый:** набором простых элементов – связь задается функциями *bonding*, *friction*, *separation* и т. д.

Для использования этих функций необходимо моделировать соединение всех трех слоев – ФАП, бетон и адгезив. Тогда адгезив должен вводиться в расчет как самостоятельный несущий слой. Ограничение этого способа задания связей заключается в слож-

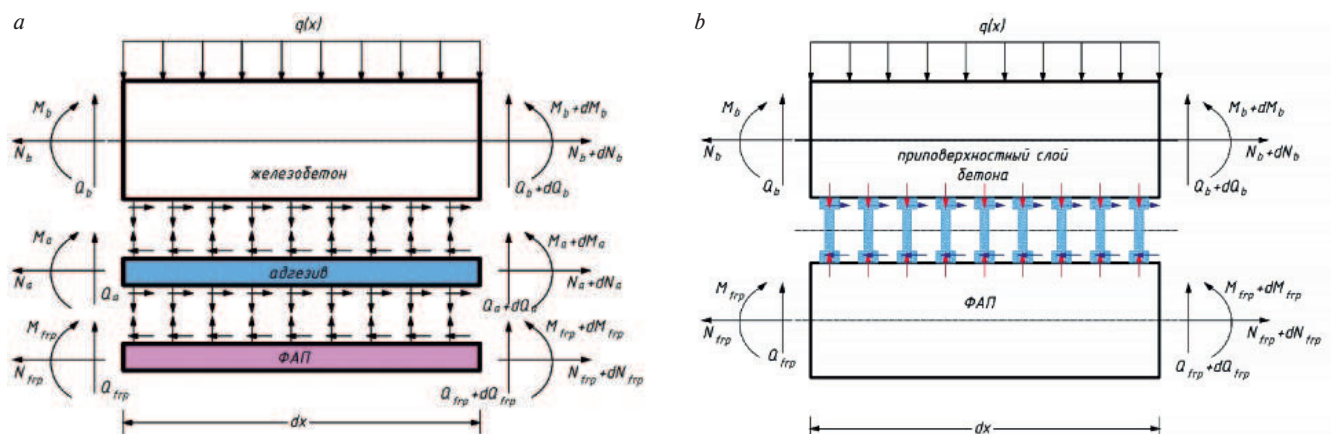


Рис. 4. Модель дифференциального элемента при трехчастной схеме (а) и при моделировании контакта инструментом CZM (б)
Fig. 4. A model of a differential element at a three-part circuit (a) and when modeling a contact with the CZM tool (b)

ности получаемого сечения (добавляется один слой и еще одна граница раздела); необходимости понимания работы адгезива, что без экспериментальных исследований на сегодня сделать невозможно; в сложности моделирования плоскости разрушения, которая будет проходить либо по одному, либо по нескольким слоям.

Второй: задание связей через модель когезионной зоны (*cohesive zone model – CZM*).

CZM позволяет прогнозировать начало повреждения, определять его распространение, а также справедлива для хрупких материалов, так как основана на теории разрушения Гриффитса (предполагает наличие зоны когезионного повреждения вблизи вершины трещины). *CZM* рассматривает работу контакта в зоне роста трещин, что значительно упрощает математические расчеты при сохранении необходимой точности.

Представим процесс отслоения как раскрытие горизонтальной трещины на границе «ФАП–бетон». Образование горизонтальной трещины происходит постепенно, а ее распространение (сам процесс отслоения) происходит через протяженную вершину трещины, или когезионную зону. Тогда для моделирования соединения ФАП с бетоном воспользуемся моделью *CZM*. В ПК *ANSYS CZM* реализуется через специальные элементы границы раздела, которым задается закон сцепления. Задание закона позволяет учитывать свойства трех слоев при двухсоставной расчетной схеме сечения (рис. 4). Для моделирования отслоения был выбран режим, основанный на энергетическом критерии разрушения (*Fracture-Energies based Debonding*). Согласно *Harper et al.* [27], при вхождении элемента в зону когезии из неповрежденной части ламината наблюдается разрушение в режиме II (чистый сдвиг). По мере того как трещина распространяется по длине когезионной зоны, начинает преобладать режим разрушения I (отрыв). Поэтому для моделирования отслоения был выбран смешанный режим разрушения (*Mixed Debonding Interface Mode*).

Загружение образцов происходило двумя сосредоточенными силами в 70 кН каждая на распределительные пластины. Точка приложения каждой силы – геометрический центр пластины.

Результаты численного исследования

Результаты численного моделирования вывелись для границы раздела «ФАП–бетон». Для определения характера распределения и значения нормальных и касательных напряжений использовалась функция *Path*. Она дает возможность построить функцию распределения исследуемого параметра по длине границы раздела. В качестве крайних точек выбраны

точки начала и конца ламината. Выводы результатов проводились для участка, равного половине длины ламината ФАП.

Влияние параметров на нормальные напряжения на границе раздела в бетоне

Графики распределения нормальных напряжений в бетоне при варьировании ширины, толщины и площади поперечного сечения ФАП представлены на рис. 5.

Вид функции приближен к показательной и имеет три выраженных участка: восходящую ветвь, зону перегиба и прямолинейный участок. Нормальные напряжения по длине ФАП меняют свой характер с сжимающих на растягивающие. При изменении ширины ФАП максимальные сжимающие напряжения находятся в крайней точке ФАП ($X=0$) и изменяются в диапазоне от 16,2 МПа (для образца П-1.Ш50) до 16,74 МПа (для образца П-1.Ш100); при изменении толщины ФАП – от 16 МПа (для образца П-2.Т2.7) до 16,2 МПа (для образца П-2.Т1.4); при изменении площади ФАП от 16,04 МПа (для образца П-3Т2.7Ш50) до 16,74 МПа (для образца П-3Т1.4Ш100). Участок сжимающих напряжений при изменении ширины ФАП составил от 311 до 321 мм, толщины ФАП – от 311 до 316 мм, площади поперечного сечения – от 311 до 323 мм. Растягивающие напряжения возрастают от 0 МПа до своего максимума 1,64 МПа для всех вариантов ФАП на участке от $X=311$ мм (321 мм) до $X=400$ мм, после чего остаются постоянными по длине сцепления.

Из рис. 5 видно, что геометрические характеристики ФАП не оказывают значительного влияния на значения нормальных напряжений в бетоне и на характер их распределения.

Влияние параметров на нормальные напряжения на границе раздела в ФАП

График функции (рис. 6) имеет четыре участка: нисходящую ветвь, первую восходящую ветвь, зону перегиба и вторую восходящую ветвь, где наблюдается незначительный рост нормальных напряжений при увеличении расстояния от края ФАП. Здесь также наблюдается участок сжимающих напряжений. Для образцов серии I максимальное значение сжимающих напряжений (13,8 МПа) и минимальное значение растягивающих напряжений (174,9 МПа) наблюдалось для образца П-1.Ш60. При этом виден рост сжимающих и падение растягивающих напряжений при увеличении ширины с 50 до 60 мм, и наоборот, с 60 до 100 мм.

Наблюдается значительная зависимость нормальных напряжений в ФАП от его толщины. При увеличении толщины с 1,4 до 2,7 мм максимальные сжима-

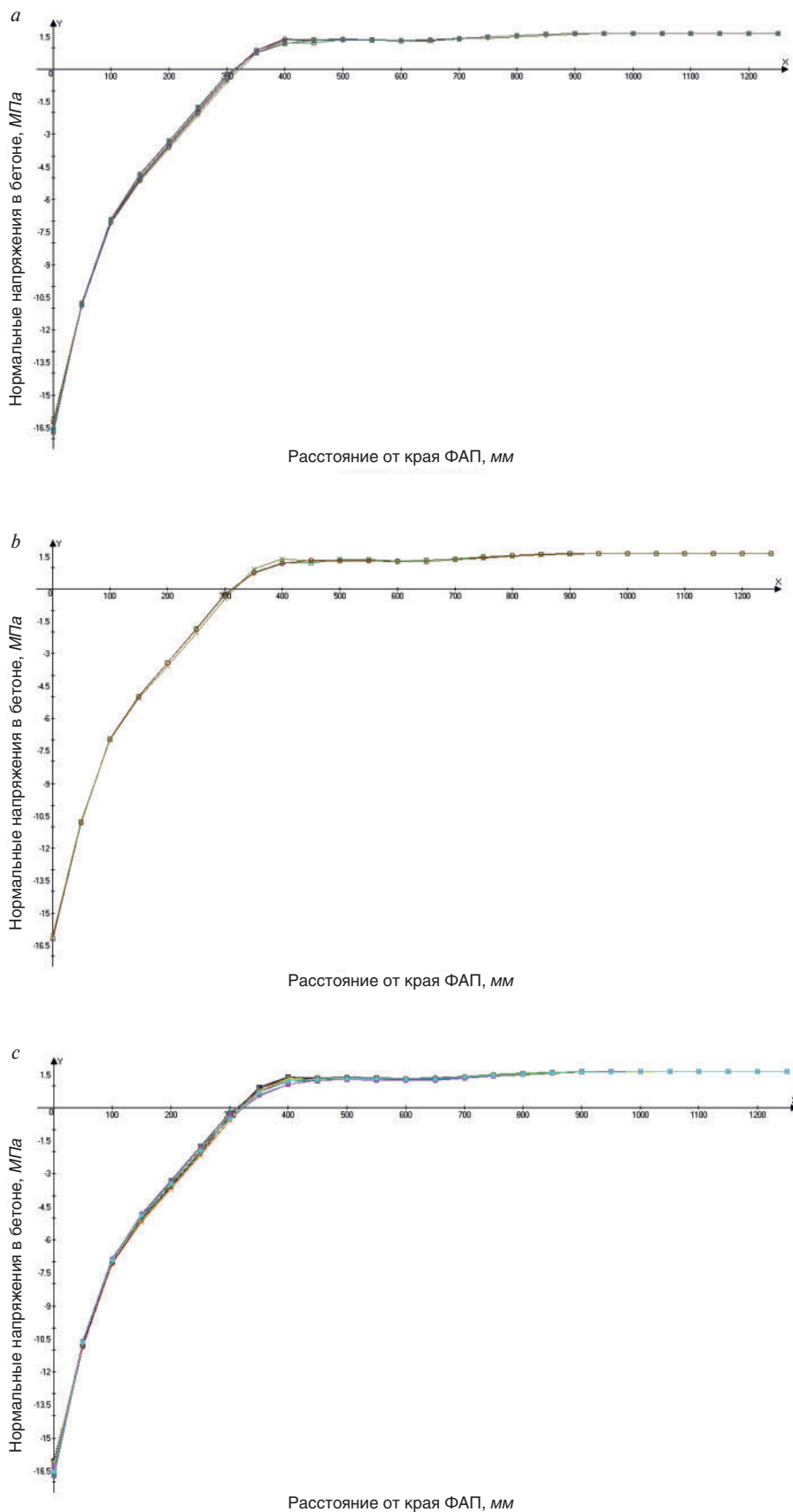


Рис. 5. График распределения нормальных напряжений в бетоне на границе раздела: а – при варьировании ширины ФАП; б – при варьировании толщины ФАП; в – при варьировании площади поперечного сечения ФАП

Fig. 5. The graph of the distribution of normal stresses in concrete at the interface: а – when varying the width of the FRP; б – when varying the thickness of the FRP; в – when varying the cross-sectional area of the FRP

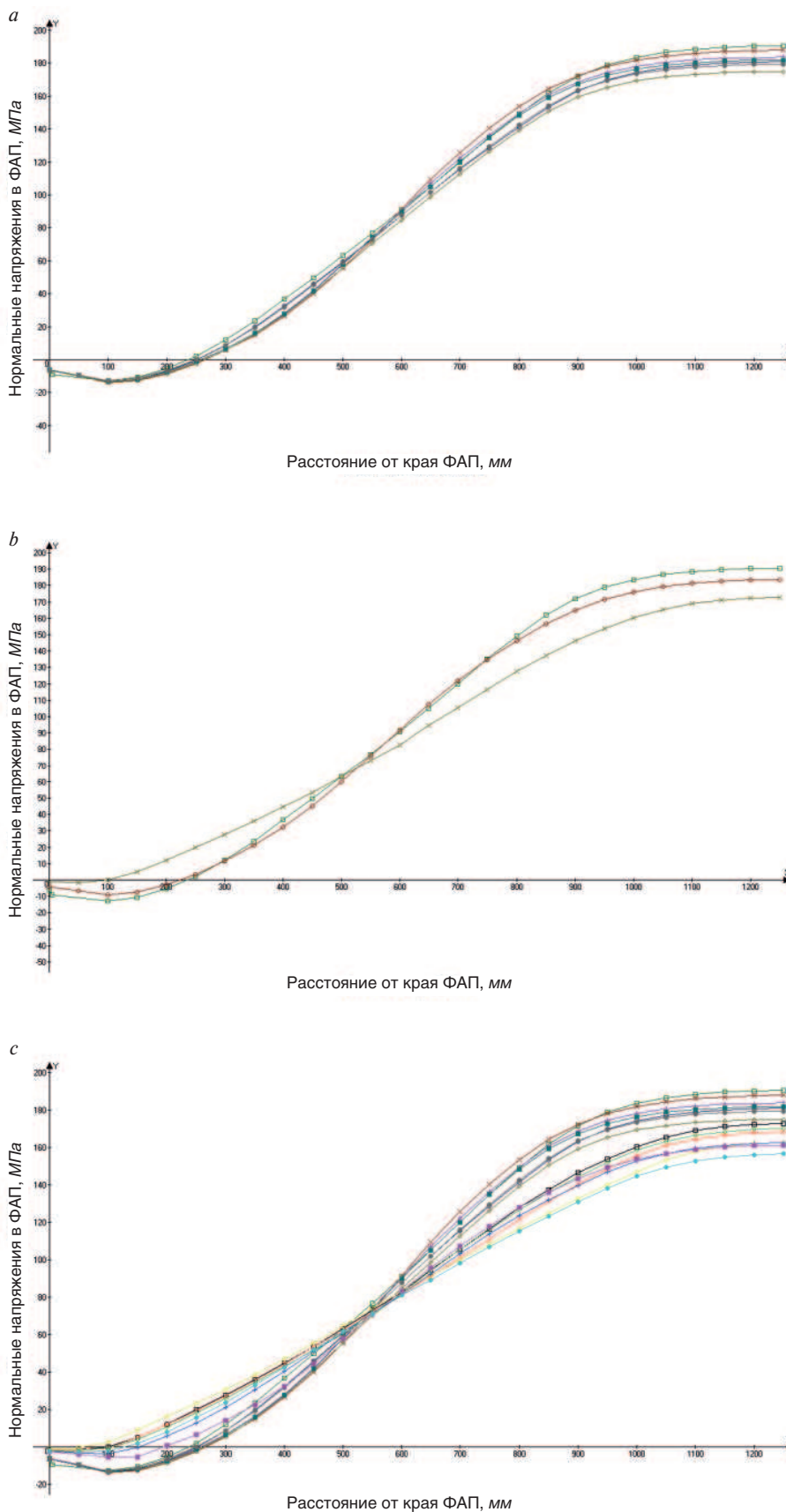


Рис. 6. График распределения нормальных напряжений в ФАП на границе раздела: а – при варьировании ширины ФАП; б – при варьировании толщины ФАП; с – при варьировании площади поперечного сечения ФАП
Fig. 6. The graph of the distribution of normal stresses in FRP at the interface: а – when varying the width of the FRP; б – when varying the thickness of the FRP; с – when varying the cross-sectional area of the FRP

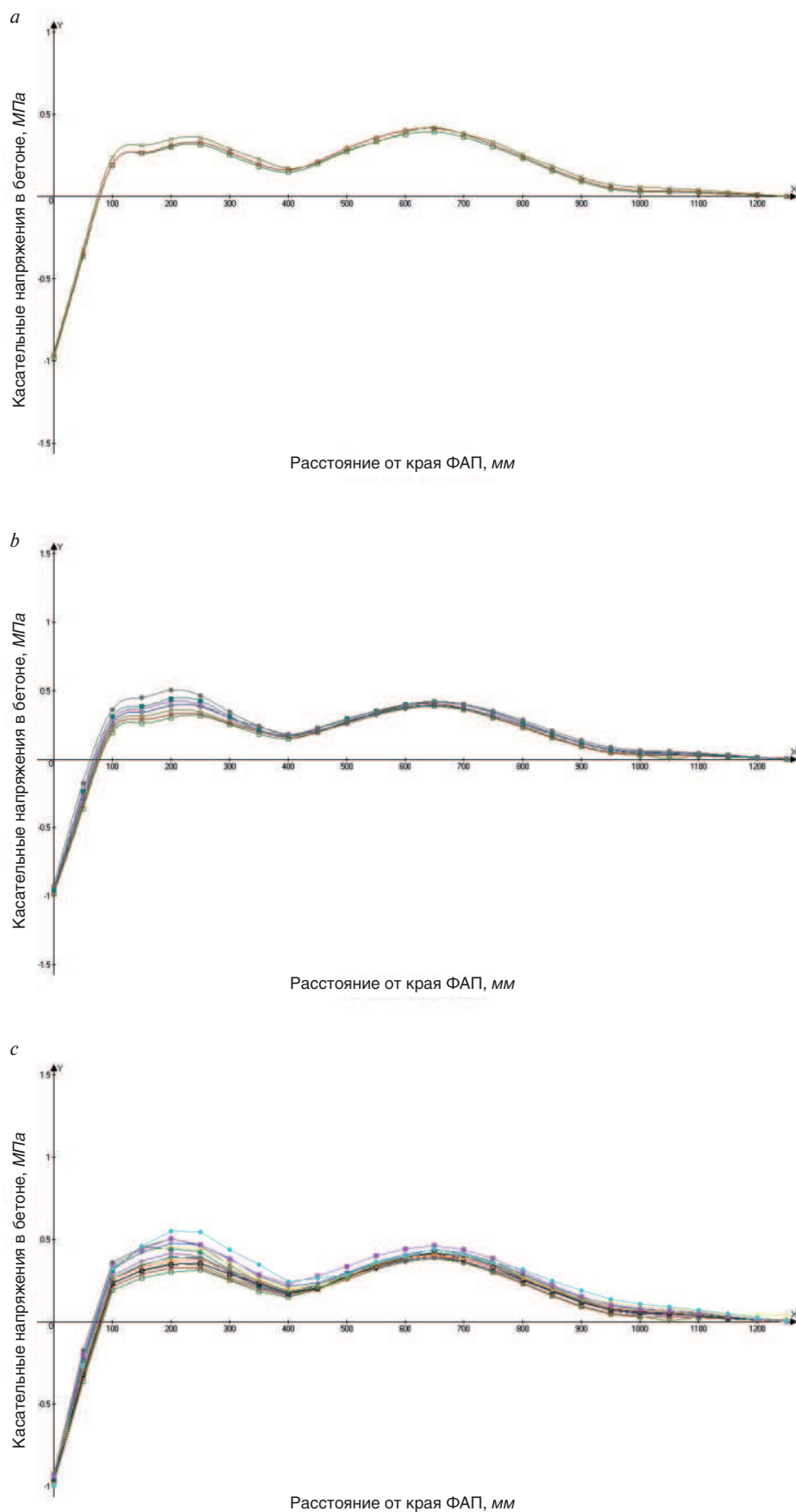


Рис. 7. График распределения касательных напряжений в бетоне на границе раздела: а – при варьировании ширины ФАП; б – при варьировании толщины ФАП; в – при варьировании площади поперечного сечения ФАП.

Fig. 7. Graph of the distribution of tangential stresses in concrete at the interface: а – when varying the width of the FRP; б – when varying the thickness of the FRP; в – when varying the cross-sectional area of the FRP

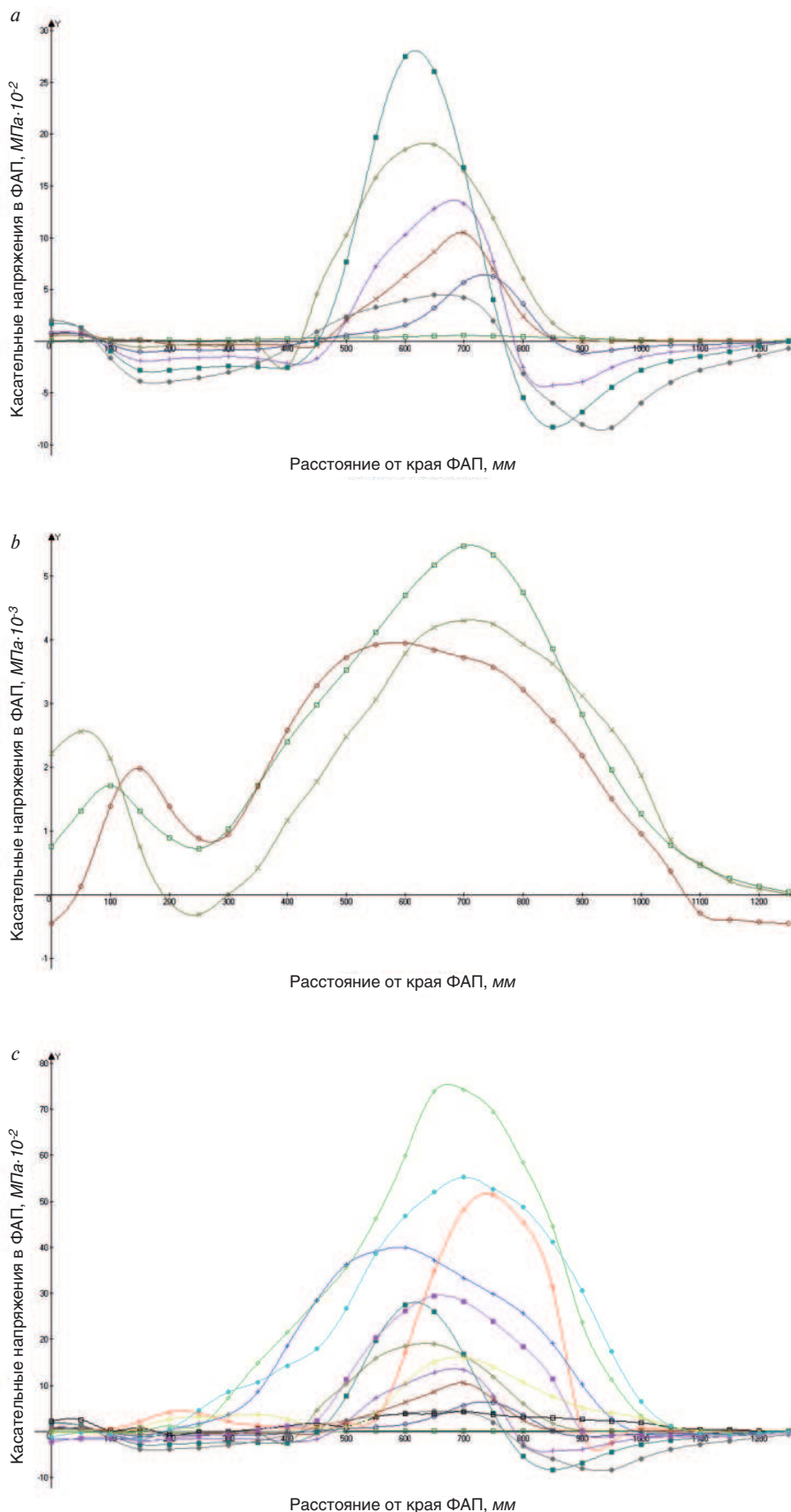


Рис. 8. График распределения касательных напряжений в ФАП на границе раздела: а – при варьировании ширины ФАП; б – при варьировании толщины ФАП; в – при варьировании площади

Fig. 8. The graph of the distribution of tangential stresses in the FRP at the interface: а – when varying the width of the FRP; б – when varying the thickness of the FRP; в – when varying the area

ющие напряжения уменьшились от 12,6 до 1,6 МПа, растягивающие напряжения – от 190,5 до 172,9 МПа. При этом зона сжимающих напряжений сократилась с 236 до 101 мм.

Оценить влияние площади поперечного сечения ФАП как самостоятельного параметра в явном виде на напряжения в ФАП не представляется возможным, так как разные исследуемые характеристики более зависимы либо от толщины, либо от ширины ФАП. Так, при толщине 1,4 мм максимум и минимум сжимающих напряжений составляют 13,8 и 12,6 МПа соответственно и находятся на расстоянии 100 мм от края ФАП, при этом зона сжимающих напряжений для образцов П-3.Т1.4Ш50 – П-3.Т1.4Ш100 находится в пределах 222–299 мм, а максимальные растягивающие напряжения снижаются с увеличением ширины со 190,5 до 179,4 МПа. При толщине 2,7 максимальное и минимальное значения сжимающих напряжений равны 5,6 и 1,58 МПа на расстоянии 50 мм от края ФАП. Зона сжимающих напряжений изменяется от 101 до 170 мм. Так же как и в предыдущем случае, наблюдается уменьшение растягивающих напряжений с увеличением ширины с 172,9 до 156,6 МПа.

Из рис. 6 видно, что площадь поперечного сечения ФАП оказывает значительное влияние на значения растягивающих напряжений. Зона сжимающих напряжений и их максимальные значения зависят в большей степени от толщины ФАП, чем от ширины или площади в целом.

Влияние параметров на касательные напряжения на границе раздела в бетоне

Графики распределения касательных напряжений на границе раздела в бетоне (рис. 7) имеют одинаковый характер для всех серий образцов. Имеются четыре выраженных участка: восходящая ветвь, зона перегиба, нисходящая ветвь, резкий скачок напряжений, после чего напряжения падают до нуля. Скачок напряжений объясняется приложением нагрузки в этой зоне. Также присутствуют напряжения двух знаков. Варьируемые геометрические параметры практически не влияют на распределение напряжений. Для всех серий образцов напряжения на краю ФАП были в пределах от 0,92 до 0,99 МПа, максимальные и минимальные значения в пролете при изменении ширины от 50 до 100 составили 0,31 МПа (при $X=200$ мм) и 0,5 МПа (при $X=250$ мм) соответственно; при изменении толщины 0,31 и 0,36 МПа при $X=250$ мм; при изменении площади 0,31 МПа для образца П-3.Т1.4Ш50 и 0,5 МПа для образца П-3.Т1.4Ш100 при $X=200$ мм; 0,36 МПа для образца П-3.Т2.7Ш50 и 0,55 МПа для образца П-3.Т2.7Ш100 при $X=200$ мм.

Влияние параметров на касательные напряжения на границе раздела в ФАП

Аналогично распределению касательных напряжений в бетоне графики их функций в ФАП имеют скачок в зоне приложения нагрузки (рис. 8). Для некоторых образцов характерно изменение знака напряжений на участке между краем ФАП и зоной приложения нагрузки.

При увеличении ширины ФАП значение напряжений по краям ФАП изменяется от $-0,7 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ МПа. Участок ФАП, на котором напряжения отрицательные, увеличивается по длине и смещается к краю ФАП: для образца П-1.Т1.4Ш55 – на расстоянии от 167 до 458 мм от края ФАП, для образца П-1.Т1.4Ш100 – от 71 до 422 мм. Максимальные положительные значения зафиксированы для образца П-1.Т1.4Ш90 – 27,5 МПа, минимальные для образцов П-1.Т1.4Ш50 и П-1.Т1.4Ш100 – $5,4 \cdot 10^{-3}$ и $4,4 \cdot 10^{-3}$ МПа соответственно. При этом наблюдается непропорциональность напряжений ширине ФАП и для других образцов серии. Предположительно на этот эффект оказывает влияние приложение сосредоточенной силы, а также отношение ширины ФАП к ширине бетона.

Неоднозначные результаты получены при изменении толщины и площади поперечного сечения. Для получения более полного анализа влияния этих двух параметров необходимо уменьшить шаг изменения толщины.

Заключение

Численное исследование показало, что межфазные нормальные напряжения в бетоне и ФАП имеют два участка: зону сжимающих и растягивающих напряжений. Такой эффект может свидетельствовать о том, что ФАП ламинат при отсутствии концевых анкеров работает как затяжка. А параметры оказывают следующее влияние:

- изменение геометрических параметров ФАП практически не влияет на значение и распределение нормальных и касательных напряжений по поверхности бетона;
- изменение ширины ФАП не оказывает значительного влияния на нормальные сжимающие напряжения в ФАП, длину зоны их распределения и величину растягивающих напряжений;
- увеличение толщины ФАП уменьшает зону сжимающих напряжений, их максимальное значение и величину максимальных растягивающих напряжений в ФАП;
- при увеличении площади ФАП уменьшаются значения максимальных нормальных растягивающих напряжений в ФАП. При этом для образцов толщиной 2,7 мм уменьшение напряжений выражено более

четко при увеличении ширины ФАП, нежели для образцов толщиной 1,4 мм.

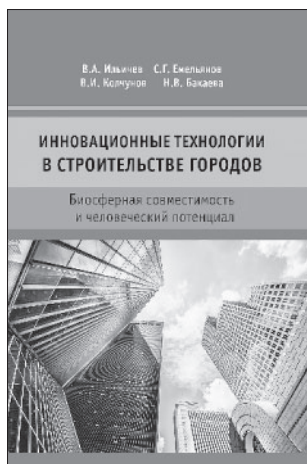
Настоящая работа не исчерпывает всего круга вопросов, связанного с прогнозированием отслоения в усиленных ФАП конструкциях. Дальнейшее изучение целесообразно направить на полученный «эффект затяжки», формулирование критерия прочности сцепления, а также исследовать влияние механических характеристик бетона и ФАП на работу границы раздела.

Список литературы / References

1. Воронков В.Р. Железобетонные конструкции с листовой арматурой. Л.: Стройиздат, 1975. 145 с.
1. Voronkov V.R. Zhelezobetonnye konstruksii s listovoi armaturoi [Reinforced concrete structures with sheet reinforcement]. L.: Stroyizdat. 1975. 145 p.
2. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластинки. М.: Стройиздат. 1986. 316 с.
2. Rzhanitsyn A.R. Sostavnye sterzhni i plastinki [Composite rods and plates]. Moscow: Stroyizdat. 1986. 316 p.
3. Spadea G., Swamy R.N., Bencardino F. Strength and ductility of rc beams repaired with bonded CFRP laminates. *Journal of Bridge Engineering*. Vol. 9. 2001, pp. 349–355. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0702\(2001\)6:5\(349\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0702(2001)6:5(349))
4. Ceroni F. Experimental performances of RC beams strengthened with FRP materials. *Construction and Building Materials*. 2010. Vol. 24, pp. 1547–1559. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.03.008>
5. Khair Al-Deen Bsisu, Yasser Hunaiti, Raja Younes. Flexural ductility behavior of strengthened reinforced concrete beams using steel and CFRP plates. *Jordan Journal of Civil Engineering*. 2012. Iss. 3. Vol. 6, pp. 304–312.
6. Bonacci J.F., Maalej M. Behavioral trends of RC beams strengthened with externally bonded FRP. *Journal of Composites for Construction*. 2001. Vol. 5, pp. 102–113. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(2001\)5:2\(102\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2001)5:2(102))
7. Sergio F. Brena, Beth M. Macri. Effect of carbon-fiber-reinforced polymer laminate configuration on the behavior of strengthened reinforced concrete beams. *Journal of Composites for Construction*. 2004. Vol. 8., pp. 229–240. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(2004\)8:3\(229\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2004)8:3(229))
8. Marco Arduini, Antonio Nanni. Behavior of pre-cracked rc beams strengthened with carbon FRP sheets. *Journal of Composites for Construction*. 1997. Vol. 1, pp. 63–70. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(1997\)1:2\(63\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(1997)1:2(63))
9. Hamid Rahimi, Allan Hutchinson. Concrete beams strengthened with externally bonded FRP plates. *Journal of Composites for Construction*. 2001. Iss. 1. Vol. 5, pp. 44–56. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(2001\)5:1\(44\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2001)5:1(44))
10. Timothy W. White, Khaled A. Soudki, Marie-Anne Erki. Response of RC beams strengthened with CFRP laminates and subjected to a high rate of loading. *Journal of Composites for Construction*. 2001. Iss. 3. Vol. 5, pp. 153–162. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(2001\)5:3\(153\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2001)5:3(153))
11. Piotr Rusinowski, Björn Täljsten. Intermediate crack induced debonding in concrete beams strengthened with CFRP plates – an experimental study. *Advances in Structural Engineering*. 2009. Iss. 6. Vol. 12, pp. 793–806. <https://doi.org/10.1260%2F136943309790327699>
12. Nabil F. Grace., Wael F. Ragheb. Strengthening of concrete beams using innovative ductile fiber-reinforced polymer fabric. *ACI Structural Journal*. 2002. Vol. 99 (5). September, pp. 692–700.
13. Ritchie P.A., Thomas D.A., Lu L.W., Connelly G.M. External reinforcement of concrete beams using fiber reinforced plastic. *ACI Structural Journal*. 1991. Vol. 88 (4), pp. 490–500.
14. Zhang Ai-hui, JIN Wei-liang, LI Gui-bing. Behavior of preloaded rc beams strengthened with cfrp laminates. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*. 2006. Vol. 7, pp. 436–444. <https://doi.org/10.1631/jzus.2006.A0436>
15. Farah K., Sato Y. Numerical simulation of debonding failure of reinforced concrete beams strengthened with externally bonded FRP. *Asia-Pacific Conference on FRP in Structures*. 2007.
16. Ryan Bakay, Ezzeldin Yazeed Sayed-Ahmed, Nigel Graham Shrive. Interfacial debonding failure for reinforced concrete beams strengthened with carbon-fibre-reinforced polymer strips. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 2009. Vol. 36. No. 1, pp. 103–121. <https://doi.org/10.1139/L08-096>
17. Adil K. Al-Tamimi, Rami Hawileh, Jamal Abdallaand, Hayder A. Rasheed. Effects of ratio of CFRP plate length to shear span and end anchorage on flexural behavior of SCC RC beams. *Journal of Composites for Construction*. 2011. Iss. 6. Vol. 15. November/December, pp. 908–919. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0000221](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000221)
18. Meier U., Kaiser H. Strengthening of structures with CFRP laminates. Proc., *Specialty Conf. on Advanced Compos. Mat.*, ASCE. New York. 1991, pp. 224–232.
19. Young-Chan You, Ki-Sun Cho, JunHee Kim. An experimental investigation on flexural behavior of rc beams strengthened with prestressed CFRP strips using a durable anchorage system. *Composites Part B: Engineering*. Iss. 8. Vol. 43. December 2012,

- pp. 3026–3036. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.05.030>
20. Norris T., Saadatmanesh H., Ehsani M. Shear and flexural strengthening of R/C Beams with carbon fiber sheets. *Journal of structural engineering*. 1997. Vol. 123 (7), pp. 903–911. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1997\)123:7\(903\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1997)123:7(903))
21. Есипов С.М. Усиление изгибаемых железобетонных элементов внешним композитным армированием с учетом условий эксплуатации: Дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2020. 207 с.
21. Esipov S.M. Reinforcement of bent reinforced concrete elements by external composite reinforcement taking into account operating conditions. Cand. Dis. (Engineering). Belgorod. 2020. 207 p. (In Russian).
22. Устинов А.М. Прочность и деформативность стальных изгибаемых элементов строительных конструкций, усиленных углекомпозитом: Дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2020. 126 с.
22. Ustinov A.M. Strength and deformability of steel bendable elements of building structures reinforced with carbon composite. Cand. Dis. (Engineering). Tomsk. 2020. 126 p. (In Russian).
23. Jialai Wang. Cohesive-Bridging Zone Model of FRP–Concrete Interface Debonding. *Engineering Fracture Mechanics*. 2007. Iss. 20. Vol. 74, pp. 2643–2658. <https://doi.org/10.1016/j.ijolstr.2007.02.042>
24. Jialai Wang. Cohesive zone model of intermediate crack-induced debonding of FRP plated concrete beam. *International Journal of Solids and Structures*. 2006. Iss. 21. Vol. 43, pp. 6630–6648. <https://doi.org/10.1016/j.ijolstr.2006.01.013>
25. Xin Sha, Kames S. Davidson. Analysis of interfacial stresses in concrete beams strengthened by externally bonded FRP laminates using composite beam theory. *Composite Structure*. 2020. Vol. 243, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.112235>
26. Smith S.T., Teng J.G. FRP-strengthened RC beams. Part II: assessment of debonding strength models. *Engineering Structures*. 2002. Iss. 4. Vol. 24, pp. 397–417. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(01\)00106-7](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(01)00106-7)
27. Paul W. Harper, Lu Sun, Stephen R. Hallett. A study on the influence of cohesive zone interface element strength parameters on mixed mode behavior. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2012. Iss. 4. Vol. 43. April, pp. 722–734. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.12.016>

ИНФОРМАЦИЯ



ОТЗЫВ НА УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДОВ. БИОСФЕРНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ»

Москва: Издательство: АСВ, 2019, 208 с.

Авторы: академик РААСН В.А. Ильичев, член-корр. РААСН С.Г. Емельянов,
академик РААСН В.И. Колчунов, советник РААСН Н.В. Бакаева

В учебном пособии, подготовленном коллективом авторов под руководством академика РААСН В.И. Ильичева, представлен междисциплинарный подход, который направлен на формирование пространственных параметров качества жизни с позиции симбиоза города и биосферы. В настоящее время в учебной литературе недостаточно или практически отсутствуют издания, отражающие формирование нового мировоззрения человека через когнитивное, аффективное и духовное взаимодействие с природой, направленное на преодоление антагонистического отношения к окружающей город природной среде.

Настоящее пособие отражает опыт научных исследований авторов, который систематизирован в совокупность научных установок Российской академии архитектуры и строительных наук – парадигму биосферосоветимого развития человечества, послужившую в последующем методологической базой для разработки Доктрины градоустройства и расселения.

Научные положения учебного пособия основаны на фундаментальных знаниях экологии, безопасности жизнедеятельности, природопользования, социологии и других смежных наук. Исходят из оценки современного состояния городской среды и принципов сбалансированной природно-антропогенной совместимости, что не только не противоречит градостроительной теории и практике планировки и застройки городов, но и наоборот, дополняет ее.

Вопросы, освещенные в учебном пособии, также могут быть положены в основу развития нормативной базы технического регулирования в градостроительстве и строительстве.

Заведующий кафедрой «Градостроительство» Московского архитектурного института
академик РААСН, д-р архитектуры, проф. М.В. Шубенков

УДК 663.97

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-40-45>

Ю.В. ПУХАРЕНКО^{1,2}, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, профессор (tsik@spbgasu.ru),
Г.М. ХРЕНОВ^{1,2}, канд. техн. наук (g.khrenov@mail.ru)

¹ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4)

² Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
(127238, г. Москва, Локомотивный пр-д, 21)

Расчет состава при проектировании бетонных смесей для непрерывного безопалубочного формования

Статья посвящена расчетной части общей методики проектирования состава бетонной смеси с учетом характеристик пластичности, имеющих большое значение в технологии безопалубочного формования. На основе математических зависимостей, полученных в результате теоретических и экспериментальных исследований, предлагаются системы уравнений, решением которых является расход сырьевых компонентов в составе бетонной смеси. Для данных систем уравнений разработана программа для ЭВМ, позволяющая получать решение методом перебора.

Ключевые слова: непрерывное безопалубочное формование, бетонная смесь, состав, реология, пластичность.

Статья подготовлена по результатам исследования, выполненного в соответствии с Планом фундаментальных научных исследований Минстроя России и РААСН на 2022 г. (тема «Развитие научных и практических основ получения строительных изделий и конструкций непрерывным безопалубочным формованием»).

Для цитирования: Пухаренко Ю.В., Хренов Г.М. Расчет состава при проектировании бетонных смесей для непрерывного безопалубочного формования // *Жилищное строительство*. 2022. № 4. С. 40–45.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-40-45>

Yu.V. PUKHARENKO^{1,2}, Corresponding Member of RAACS, Doctor of Sciences (Engineering), Professor (tsik@spbgasu.ru),
G.M. KHRENOV^{1,2}, Candidate of Sciences (Engineering) (g.khrenov@mail.ru)

¹ Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(4, Vtoraya Krasnoarmeiskaya Street, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation)

² Research Institute of Building Physics, Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(21, Lokomotivnyi proezd, Moscow, 127238, Russian Federation)

Calculation of the Composition when Designing Concrete Mixtures for Continuous Formless Molding

The article is devoted to the computational part of the general methodology for designing the composition of a concrete mixture, taking into account the plasticity characteristics that are important in the technology of formless molding. On the basis of mathematical dependencies obtained as a result of theoretical and experimental studies, systems of equations are proposed, the solution of which is the consumption of raw components in the composition of the concrete mixture. To solve systems of equations, a computer program has been developed making it possible to obtain a solution by brute force method.

Keywords: continuous formless molding, concrete mixture composition, rheology, plasticity.

The article was prepared based on the results of a study carried out in accordance with the Plan of Fundamental Scientific Research of the Ministry of Construction of Russia and RAACS for 2022 (topic “Development of scientific and practical basis for the production of building products and structures by continuous formwork molding”).

For citation: Pukharenko Yu.V., Khrenov G.M. Calculation of the composition when designing concrete mixtures for continuous formless molding. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 4, pp. 40–45. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-40-45>

Непрерывное безопалубочное формование является одним из эффективных и перспективных способов укладки бетонной смеси, которое активно развивается с 70-х гг. XX столетия и заняло прочные позиции в технологии бетонов, поскольку отличается высокой степенью автоматизации и роботизации технологических процессов [1–3]. Один из существенных недостатков такого формования – ряд

специфических требований к реологическим и технологическим свойствам бетонных смесей, эффективное регулирование которых является ключевым вопросом в получении качественной бетонной продукции [1, 4].

В последние годы отечественные и зарубежные исследователи проявляют высокий интерес к реологическим свойствам бетонных смесей для непре-

рывного безопалубочного формования, в том числе для аддитивных технологий [5–10]. При этом установлено [11], что одним из определяющих свойств смеси является ее пластичность. Именно она отвечает за сохранение сплошности при деформировании смеси, которое неизбежно возникает в процессе формования непрерывным безопалубочным способом и даже после его окончания. Недостаточная пластичность регулярно приводит к появлению трещин в изделиях и конструкциях еще до начала схватывания бетонной смеси и влечет за собой заметные экономические и организационно-технологические издержки.

Проведенные исследования показали, что для бетонных смесей, используемых при непрерывном безопалубочном формовании, в качестве численной характеристики пластичности следует использовать величину предельной растяжимости бетонной смеси ($\varepsilon^{пр}$, мм/м) [12], которая главным образом зависит от истинного водоцементного отношения ($V/\Pi_{ист}$), нормальной густоты цемента (НГ), объемной доли цементного теста в смеси ($\varphi^{шт}$), вида и расхода пластифицирующей добавки [13–15]. Многочисленные экспериментальные данные и зависимости удалось обобщить в экспериментально-теоретическую модель пластичности бетонной смеси (уравнение 1) [16]. Помимо этого, разработаны способы улучшения пластичности смеси, применение которых не приводит к ухудшению ее удобоукладываемости и снижению прочности бетона [17–19]:

$$\varepsilon^{пр} = 11,7 \cdot (V/\Pi_{ист} - НГ) + 0,032 \cdot (\varphi^{шт} - 37)^3 + 137. \quad (1)$$

Таким образом, сформированная в последние годы база научных знаний позволяет решить одну из ключевых задач в технологии непрерывного безопалубочного формования, а именно разработать методику проектирования состава бетонных смесей с учетом не только заданной прочности бетона и удобоукладываемости бетонной смеси, но и ее пластичности, необходимой для получения бездефектной продукции. Частью решения этой задачи является представленная работа, в которой рассматривается вопрос расчета состава бетона на основе полученных ранее экспериментальных зависимостей.

Известно большое число методик расчета состава бетонной смеси, которые базируются на обобщенных зависимостях и сводятся к решению уравнений, связывающих между собой расходы компонентов и их свойства с заданными характеристиками бетонной смеси и бетона. Так, один из самых популярных на сегодня методов расчета состава бетона – метод абсолютных объемов – заключается в решении системы уравнений (2–5) [20]:

$$R_b = R_{ц} \cdot A \cdot \left(\frac{\Pi}{B} \pm 0,5 \right); \quad (2)$$

$$\frac{B}{\rho_B} + \frac{\Pi}{\rho_{ц}} + \frac{\Pi}{\rho_{п}} + \frac{\Pi}{\rho_{щ}} = 1; \quad (3)$$

$$OK = f(B); \quad (4)$$

$$\Pi_{щ} = \frac{1000}{\frac{\alpha \Pi_{щ}}{\rho_{щ}^H} + \frac{1}{\rho_{щ}}}, \quad (5)$$

где R_b – заданная прочность бетона, МПа; $R_{ц}$ – активность цемента, МПа; A – коэффициент, учитывающий качество заполнителей; Π , B , Π , Π – расход цемента, воды, песка, щебня на 1 м³ бетона, кг; ρ_B – плотность воды, кг/м³; $\rho_{ц}$, $\rho_{п}$, $\rho_{щ}$ – плотность зерен цемента, песка, щебня, кг/м³; OK – осадка конуса, см; α – коэффициент раздвижки зерен; $\Pi_{щ}$ – пустотность щебня; $\rho_{щ}^H$ – насыпная плотность щебня, кг/м³.

Таким образом, расчет состава бетона по методу абсолютных объемов производится по алгоритму, позволяющему аналитически решить представленную систему уравнений путем выражения одних неизвестных через другие. Расходы основных компонентов – Π , Π , Π , B – являются неизвестными. Важно отметить, что количество уравнений в системе должно быть не меньше числа неизвестных, в данном случае достаточно четырех уравнений.

Для расчета состава бетона с обеспечением заданной пластичности бетонной смеси необходимо составить аналогичную систему, которая будет включать в себя уравнение, связывающее расходы компонентов и их свойства с заданным значением предельной растяжимости смеси. Для этого экспериментально-теоретическую модель пластичности (уравнение 1) необходимо преобразовать, а именно выразить $V/\Pi_{ист}$ и $\varphi^{шт}$ через расходы и свойства основных компонентов. При этом $\varphi^{шт}$ следует выражать через расходы заполнителей, что для бетонных смесей, используемых при непрерывном безопалубочном формовании, представляется более точным:

$$\varphi^{шт} = \frac{1M^3 - \frac{\Pi}{\rho_{п}} - \frac{\Pi}{\rho_{щ}}}{1M^3} \cdot 100 = \left(1 - \frac{\Pi}{\rho_{п}} - \frac{\Pi}{\rho_{щ}} \right) \cdot 100; \quad (6)$$

$$\frac{V}{\Pi_{ист}} = \frac{B - \Pi \cdot B_{п} - \Pi \cdot B_{щ}}{\Pi} \cdot 100 = \left(\frac{B}{\Pi} - \frac{\Pi \cdot B_{п} + \Pi \cdot B_{щ}}{\Pi} \right) \cdot 100; \quad (7)$$

$$\varepsilon^{пр} = 11,7 \cdot \left(\left(\frac{B}{\Pi} - \frac{\Pi \cdot B_{п} + \Pi \cdot B_{щ}}{\Pi} \right) \cdot 100 - НГ \right) + 0,032 \cdot \left(\left(1 - \frac{\Pi}{\rho_{п}} - \frac{\Pi}{\rho_{щ}} \right) \cdot 100 - 37 \right)^3 + 137, \quad (8)$$

где $\varepsilon^{пр}$ – предельная растяжимость бетонной смеси, мм/м; $V_{п}$, $V_{щ}$ – водопотребность песка, щебня в долях; $НГ$ – нормальная густота цемента, %.

Существенной проблемой при подборе состава бетона с обеспечением заданной пластичности является существующая корреляция между подвижностью или жесткостью смеси и ее предельной растяжимостью для бездобавочных бетонных смесей. При решении системы уравнений, которая включает и предельную растяжимость, и подвижность (жесткость), во многих случаях может возникать математический конфликт, решить который можно только при получении расходов компонентов в виде комплексных чисел. Поскольку расходы компонентов могут быть представлены только в виде натуральных чисел, из системы уравнений следует исключить величины, отражающие подвижность или жесткость бетонной смеси. Обеспечить заданную удобоукладываемость смеси возможно на экспериментальном этапе проектирования состава при корректировке расчетного состава.

Уравнение (5) составлено таким образом, чтобы получить расход щебня, при котором упаковка зерен заполнителей будет самой плотной, с учетом возможной раздвижки. Наиболее плотная упаковка зерен необходима для получения высоких характеристик прочности и долговечности бетона, но не всегда позволяет добиться заданной реологии, а тем более высокой пластичности. В связи с этим уравнение (5) следует заменить на уравнение (12), которое позволяет регулировать соотношение расхода заполнителей.

В результате описанных преобразований получена система уравнений (9–12):

$$R_b = R_{ц} \cdot A \cdot \left(\frac{Ц}{В} \pm 0,5 \right); \quad (9)$$

$$\frac{В}{\rho_{в}} + \frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} = 1; \quad (10)$$

$$\left\{ \varepsilon^{пр} = 11,7 \cdot \left(\left(\frac{В}{Ц} - \frac{П \cdot V_{п} + Щ \cdot V_{щ}}{Ц} \right) \cdot 100 - НГ \right) + \right. \quad (11)$$

$$\left. + 0,032 \cdot \left(\left(1 - \frac{П}{\rho_{п}} - \frac{Щ}{\rho_{щ}} \right) \cdot 100 - 37 \right) + 137; \right.$$

$$\left. r = \frac{П}{Щ}, \quad (12)$$

где r – отношение расхода песка к расходу щебня, назначается исходя из зернового состава заполнителей (для Щ фр. 5–20 рекомендуется $r = 0,55–0,8$; для Щ фр. 5–10 рекомендуется $r = 0,65–1,5$).

Аналитическое решение полученной системы уравнений является очень трудоемким. Определив V/C по уравнению (9), выразив C через V/C , $П$ и

$Щ$ по уравнению (10), выразив $П$ через $Щ$ по уравнению (12) и подставив полученные результаты в уравнение (11), получаем равенство, преобразовать которое можно до вида уравнения (13) с одним неизвестным ($Щ$).

$$a \cdot Щ^4 + b \cdot Щ^3 + c \cdot Щ^2 + d \cdot Щ + m = 0, \quad (13)$$

где

$$a = -0,032 \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} + \frac{r}{\rho_{щ}} \right) \cdot \left(100 \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} - \frac{1}{\rho_{щ}} \right) \right)^3;$$

$$b = 0,032 \cdot \left(100 \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} - \frac{1}{\rho_{щ}} \right) \right)^3 + \left(100 \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} - \frac{1}{\rho_{щ}} \right) \right)^2 \cdot 63 \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} + \frac{r}{\rho_{щ}} \right);$$

$$c = 11907 \cdot 100 \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} - \frac{1}{\rho_{щ}} \right) - 63 \cdot \left(100 \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} - \frac{1}{\rho_{щ}} \right) \right)^3;$$

$$d = \left(\varepsilon^{пр} - 1170 \cdot \frac{В}{Ц} + 11,7 \cdot НГ + 7864,5 \right) \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} + \frac{r}{\rho_{щ}} \right) + 11907 \cdot 100 \cdot \left(\frac{r}{\rho_{п}} - \frac{1}{\rho_{щ}} \right) - 1170 \cdot \left(\frac{В}{Ц \cdot \rho_{в}} + \frac{1}{\rho_{ц}} \right) \cdot \left(r \cdot V_{п} - V_{щ} \right);$$

$$m = 1170 \cdot \frac{В}{Ц} - 11,7 \cdot НГ - \varepsilon^{пр} - 7864,5.$$

Решать полученное уравнение (13) для определения расхода щебня, а затем и других компонентов смеси при подборе состава бетона в строительной или заводской лаборатории нецелесообразно из-за очевидной трудоемкости и высокой вероятности ошибок. Более того, при некоторых значениях характеристик сырья, смеси и бетона данное уравнение будет иметь несколько решений, в том числе в области отрицательных чисел. Однако современный уровень развития техники и технологий позволяет решать не только такие уравнения, но и системы уравнений при помощи электронно-вычислительных

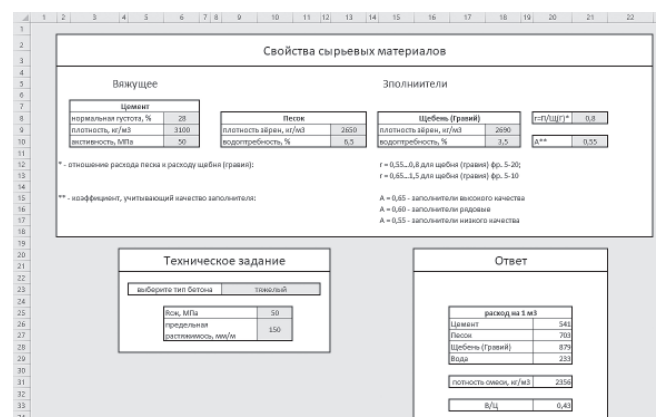


Рис. 1. Пример расчета состава тяжелого бетона при помощи разработанной программы для ЭВМ

Fig. 1. Example of calculating the composition of heavy concrete by developed computer program

Свойства сырьевых материалов

Вяжущее		Песок		Щебень (Гравий)	
Цемента		плотность зерен, кг/м³	2650	плотность зерен, кг/м³	2650
нормальная плотность, %	28	водопроницаемость, %	0,3	водопроницаемость, %	0,3
плотность, кг/м³	3100				
вязкость, МПа·с	50				

Техническое задание

выберите тип бетона: мелкозернистый

класс бетона: В20

предельная растяжимость, мм/м: 200

Ответ

расход на 1 м³	
Цемента	320
Песок	1887
Щебень (Гравий)	14
Вода	200
плотность смеси, кг/м³	2283
В/Ц	0,33

Рис. 2. Пример расчета состава мелкозернистого бетона при помощи разработанной программы для ЭВМ

Fig. 2. Example of calculating the composition of fine-grained concrete by developed computer program

машин, доступных в том числе и сотрудникам лабораторий.

Для решения системы уравнений (9–12) была разработана программа для ЭВМ на базе программы MS Excel (MS Office), представленная на рис. 1.

Программа содержит три поля:

1. «Свойства сырьевых материалов» – для ввода свойств сырьевых материалов и назначения соотношения мелкого и крупного заполнителей;

2. «Техническое задание» – для ввода требуемой прочности бетона, требуемой предельной растяжимости бетонной смеси и выбора типа бетона (тяжелый, мелкозернистый);

3. «Ответ» – содержит результат расчета состава бетона с указанием расхода сырьевых материалов на 1 м³ бетона, плотности смеси и водоцементного отношения.

Полученная программа позволяет осуществлять расчет состава методом перебора решений. Поскольку решение должно быть представлено в виде целых натуральных чисел, она не требует высоких вычислительных мощностей от ЭВМ и пригодна для работы на большинстве персональных компьютеров, используемых сегодня в строительных и заводских лабораториях.

В настоящее время в технологии непрерывного безопалубочного формования широко используются не только тяжелые бетоны, но и мелкозернистые, задача проектирования состава которых также является актуальной.

Для осуществления расчетной части подбора состава мелкозернистого бетона необходимо составить систему уравнений по аналогии с системой уравнений (9–12). Для этого выразим $V/P_{\text{ИСТ}}$ и $\phi_{\text{ЦТ}}$ через расходы и свойства основных компонентов мелкозернистого бетона (уравнения 14 и 15), подставим

полученные результаты в математическую модель пластичности и получим уравнение (16).

$$\phi_{\text{ЦТ}} = \frac{1 \text{ м}^3 - \frac{P}{\rho_{\text{П}}}}{1 \text{ м}^3} \cdot 100 = \left(1 - \frac{P}{\rho_{\text{П}}}\right) \cdot 100; \quad (14)$$

$$\frac{V}{P_{\text{ИСТ}}} = \frac{V - P \cdot B_{\text{П}}}{P} \cdot 100 = \left(\frac{V}{P} - \frac{P \cdot B_{\text{П}}}{P}\right) \cdot 100; \quad (15)$$

$$\varepsilon^{\text{пр}} = 11,7 \cdot \left(\frac{V}{P} - \frac{P \cdot B_{\text{П}}}{P}\right) \cdot 100 - \text{НГ} + 0,032 \cdot \left(\left(1 - \frac{P}{\rho_{\text{П}}}\right) \cdot 100 - 37\right)^3 + 137. \quad (16)$$

Поскольку в состав мелкозернистого бетона входят только три компонента, а не четыре, как у тяжелого, для составления системы достаточно трех уравнений. При этом основной закон прочности бетона следует откорректировать для мелкозернистого бетона по [20], а из уравнения абсолютных объемов (уравнение 10) убрать слагаемое, учитывающее объем крупного заполнителя. В результате данных преобразований получим систему уравнений (17–19):

$$R_b = R_{\text{ц}} \cdot A \cdot \left(\frac{P}{B} \pm 0,3\right); \quad (17)$$

$$\frac{V}{\rho_{\text{В}}} + \frac{P}{\rho_{\text{Ц}}} + \frac{P}{\rho_{\text{П}}} = 1; \quad (18)$$

$$\varepsilon^{\text{пр}} = 11,7 \cdot \left(\frac{V}{P} - \frac{P \cdot B_{\text{П}}}{P}\right) \cdot 100 - \text{НГ} + 0,032 \cdot \left(\left(1 - \frac{P}{\rho_{\text{П}}}\right) \cdot 100 - 37\right)^3 + 137. \quad (19)$$

Аналитическое решение данной системы, как и системы для расчета состава тяжелого бетона, отличается высокой трудоемкостью. В результате алгебраических перестановок и выведений получается уравнение 4-й степени по типу уравнения (13). По аналогии с расчетом состава тяжелого бетона целесообразнее решать данную систему с помощью разработанной программы для ЭВМ, пример использования которой приведен на рис. 2.

Таким образом, в данной работе решена задача, связанная с расчетом состава бетонных смесей с заданной пластичностью для непрерывного безопалубочного формования. При этом:

1. Предложены расчетные модели в виде систем уравнений (9–12) и (17–19), которые позволяют рассчитывать составы технологичных бетонных смесей с учетом их предельной растяжимости, обеспечивающей получение бездефектных изделий с заданной прочностью и долговечностью бетона.

2. Разработана программа для ЭВМ на базе MS Excel (MS Office), которая позволяет решать полученные системы уравнений методом перебора и не требует значительных вычислительных мощностей.

Список литературы

1. Уткин В.В., Чумерин Ю.Н. Современная технология строительной индустрии. М.: Русский издательский дом, 2008. 100 с.
2. Копша С.П., Заикин В.А. Технология безопалубочного формования – ключ к модернизации промышленности и снижению себестоимости жилья // *Технологии бетонов*. 2013. № 11. С. 29–33.
3. Селяев В.П., Уткина В.Н. Железобетонные конструкции, изготовленные методом безопалубочного формования: оценка надежности, опыт применения // *Технологии бетонов*. 2011. № 5–6. С. 45–47.
4. Рыжов Д.И. Применение наномодифицированных добавок для железобетонных изделий // *Строительные материалы и изделия*. 2015. № 6 (53). С. 146–150.
5. Chandra P.S., Tay Yi Wei Daniel, Tan Ming Jen et al. Fresh and hardened properties of 3D printable cementitious materials for building and construction // *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 18. Iss. 1, pp. 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2017.02.008>
6. Jayathilakage R., Rajeev P., Sanjayan J. Yield stress criteria to assess the buildability of 3D concrete printing // *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 240. 117989. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117989>
7. Khalil N., Aouad G., Rémond S. et al. Use of calcium sulfoaluminate cements for setting control of 3D-printing mortars // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 157, pp. 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.109>
8. Бритвина Е.А., Шведова М.А., Славчева Г.С., Артамонова О.В. Влияние модификаторов вязкости на кинетику набора прочности смесей для строительной 3D-печати. *Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (поиск)*. 2020. № 1. С. 46–48.
9. Славчева Г.С., Ибряева А.И. Влияние концентрации и гранулометрии наполнителей на реологические свойства цементных систем // *Вестник Тверского государственного технического университета. Сер.: Строительство. Электротехника и химические технологии*. 2019. № 2 (2). С. 29–36.
10. Славчева Г.С., Бритвина Е.А., Ибряева А.И. Строительная 3D-печать: оперативный метод контроля реологических характеристик смесей // *Вестник инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. 2019. № 4 (41). С. 134–143.

References

1. Utkin V.V., Chumerin Yu.N. Sovremennaya tekhnologiya stroitel'noy industrii [Modern technology of the construction industry]. Moscow: Russkiy izdatel'skiy dom. 2008. 100 p.
2. Kopsha S.P., Zaikin V.A. Formless molding technology is the key to modernizing the industry and reducing the cost of housing. *Tekhnologii betonov*. 2013. No. 11, pp. 29–33. (In Russian).
3. Selyaev V.P., Utkina V.N. Reinforced concrete structures made by formless molding: reliability assessment, application experience. *Tekhnologii betonov*. 2011. No. 5–6. pp. 45–47. (In Russian).
4. Ryzhov D.I. The use of nanomodified additives for reinforced concrete products *Stroitel'nye materialy i izdeliya*. 2015. No. 6 (53), pp. 146–150. (In Russian).
5. Chandra P.S., Tay Yi Wei Daniel, Tan Ming Jen et al. Fresh and hardened properties of 3D printable cementitious materials for building and construction. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 18. Iss. 1, pp. 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2017.02.008>
6. Jayathilakage R., Rajeev P., Sanjayan J. Yield stress criteria to assess the buildability of 3D concrete printing. *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 240. 117989. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117989>
7. Khalil N., Aouad G., Rémond S. et al. Use of calcium sulfoaluminate cements for setting control of 3D-printing mortars. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 157, pp. 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.109>
8. Britvina E.A., Shvedova M.A., Slavcheva G.S., Aramonova O.V. Influence of viscosity modifiers on the kinetics of curing mixtures for construction body 3D printing. *Molodye uchenye – razvitiyu natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy (poisk)*. 2020. No. 1, pp. 46–48.
9. Slavcheva G.S., Ibrayeva A.I. Influence of the concentration and granulometry of fillers on the rheological properties of cement systems. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo. Elektrotekhnika i khimicheskie tekhnologii*. 2019. No. 2 (2), pp. 29–36. (In Russian).
10. Slavcheva G.S., Britvina E.A., Ibrayeva A.I. Building 3D printing: an operational method for monitoring the rheological characteristics of mixtures. *Vestnik of the Engineering School of the Far Eastern Federal University*. 2019. No. 4 (41). pp. 134–143. (In Russian).

11. Пухаренко Ю.В., Хренов Г.М. Задачи технологической механики в развитии способов безопалубочного формования // *Вестник гражданских инженеров*. 2017. № 6 (65). С. 152–157. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-152-157
12. Хренов Г.М. Метод определения пластичности бетонных смесей // *Вестник гражданских инженеров*. 2018. № 2 (67). С. 147–154. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-147-154
13. Хренов Г.М., Морозов В.И., Жаворонков М.И., Петрова Т.М. Роль заполнителя в формировании пластических свойств бетонных смесей // *Вестник гражданских инженеров*. 2021. № 5 (88). С. 119–125. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-5-119-125
14. Хренов Г.М. Повышение предельной растяжимости бетонных смесей при помощи пластифицирующих добавок. *Актуальные проблемы современного строительства: Сборник научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых: В 2 ч.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. С. 227–236.
15. Хренов Г.М. Влияние объемной доли цементного теста на пластичность бетонной смеси. *Архитектура – строительство – транспорт: Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета: В 2 ч.* СПб., 3–5 октября 2018. С. 138–141.
16. Хренов Г.М. Моделирование пластических свойств бетонной смеси // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2021. № 1 (55). С. 49–57. DOI: 10.52409/20731523_2021_1_49.
17. Хренов Г.М. Повышение предельной растяжимости бетонных смесей при помощи пластифицирующих добавок // *Актуальные проблемы современного строительства: Сборник научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых: В 2 ч.* СПб., 2020. С. 227–236.
18. Хренов Г.М., Рерих А.В. Дисперсное армирование как возможный инструмент регулирования пластичности бетонных смесей. *Безопасность строительного фонда России: проблемы и решения: Материалы Международных академических чтений*. Курск, 15 ноября 2019. С. 45–53.
19. Хренов Г.М., Рерих А.В. Разработка состава фибробетонной смеси повышенной пластичности // *Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона*. 2020. № 1 (12). С. 108–118.
20. Баженов Ю.М. Технология бетонов. Москва: АСВ, 2007. 528 с.
11. Pukharensko Yu.V., Khrenov G.M. Tasks of technological mechanics in the development of non-formwork molding methods. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2017. No. 6 (65), pp. 152–157. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-152-157. (In Russian).
12. Khrenov G.M. Method for determining the plasticity of concrete mixtures. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2018. No. 2 (67), pp. 147–154. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-147-154. (In Russian).
13. Khrenov G.M., Morozov V.I., Zhavoronkov M.I., Petrova T.M. The role of filler in the formation of plastic properties of concrete mixtures. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2021. No. 5 (88), pp. 119–125. DOI: 10.23968/1999-5571-2021-18-5-119-125. (In Russian).
14. Khrenov G.M. Increasing the ultimate tensile strength of concrete mixtures with the help of plasticizing additives. *Actual problems of modern construction: Collection of scientific works of students, graduate students and young scientists*. In 2 parts. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 2020, pp. 227–236. (In Russian).
15. Khrenov G.M. Influence of the volume fraction of cement paste on the plasticity of the concrete mixture. *Architecture – construction – transport: Proceedings of the 74th scientific conference of the faculty and graduate students of the university*. In 2 parts. St. Petersburg. October 3–5, 2018, pp. 138–141.
16. Khrenov G.M. Modeling of the plastic properties of the concrete mix. *Izvestiya of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering*. 2021. No. 1 (55), pp. 49–57. DOI: 10.52409/20731523_2021_1_49. (In Russian).
17. Khrenov G.M. Increasing the ultimate elongation of concrete mixtures with the help of plasticizing additives. *Actual problems of modern construction: Collection of scientific papers of students, graduate students and young scientists*. In 2 parts. St. Petersburg. 2020, pp. 227–236. (In Russian).
18. Khrenov G.M., Roerich A.V. Dispersed reinforcement as a possible tool for regulating the plasticity of concrete mixtures. *Security of the building stock in Russia problems and solutions: materials of the International Academic Readings*. Kursk, November 15, 2019, pp. 45–53. (In Russian).
19. Khrenov G.M., Roerich A.V. Development of the composition of fiber-reinforced concrete mixture of increased plasticity. *Resursoenergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona*. 2020. No. 1 (12), pp. 108–118. (In Russian).
20. Bazhenov Yu.M. *Tekhnologiya betonov* [Concrete technology]. Moscow: ASV. 2007. 528 p.

УДК 678.029.46

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-46-54>

В.М. ПОПОВ, канд. техн. наук (popov_vladimir_m@mail.ru),
В.В. КОНДРАТЮК, аспирант (v.kondratuk1995@gmail.com)

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

Особенности расчета изгибаемых элементов сталефибробетонных конструкций по нормальным сечениям

Рассмотрены вопросы расчета и конструирования изгибаемых элементов сталефибробетонных конструкций с комбинированным армированием. Обоснованы значения коэффициентов минимального и максимального армирования продольной растянутой арматурой. Минимальный и максимальный коэффициенты продольной растянутой арматуры определялись как с использованием диаграмм жесткопластического тела для сжатого и растянутого сталефибробетона, так и для диаграмм, предложенных в СП 360.1325800.2017 «Конструкции сталефибробетонные. Правила проектирования». Показано, что величина минимального коэффициента армирования зависит не только от значения прочности сталефибробетона при сжатии и остаточной прочности при растяжении, но и от значений предельных деформаций сталефибробетона при сжатии (ϵ_{fb0}) и растяжении (ϵ_{fb3}). Обсуждены вопросы назначения коэффициентов заполнения эпюры для сжатого и растянутого сталефибробетона и их влияние на несущую способность изгибаемых сталефибробетонных элементов при различных коэффициентах армирования продольной растянутой арматурой. Предложена инженерная методика расчета требуемой площади поперечного сечения продольной арматуры.

Ключевые слова: сталефибробетонные конструкции, изгибаемый элемент, минимальный коэффициент армирования, диаграммный метод расчета, метод расчета по предельным усилиям, остаточная прочность сталефибробетона при растяжении.

Для цитирования: Попов В.М., Кондратюк В.В. Особенности расчета изгибаемых элементов сталефибробетонных конструкций по нормальным сечениям // *Жилищное строительство*. 2022. № 4. С. 46–54. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-46-54>

V.M. POPOV, Candidate of Sciences (Engineering) (popov_vladimir_m@mail.ru),
V.V. KONDRATYUK, post-graduate student (v.kondratuk1995@gmail.com)
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(4, Vtoraya Krasnoarmeiskaya Street, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation)

Features of the Calculation of Bending Elements of Steel-Fiber-Concrete Structures According to Normal Sections

The issues of calculation and design of bending elements of steel-fiber-reinforced concrete structures with combined reinforcement are considered. The values of coefficients of minimum and maximum reinforcement by longitudinal tensile reinforcement are substantiated. The minimum and maximum coefficients of longitudinal tensile reinforcement were determined both using the diagrams of a rigid-plastic body for compressed and tensioned steel fiber concrete, and for the diagrams proposed in SP 360. It is shown that the value of the minimum reinforcement coefficient depends not only on the compressive strength of steel fiber concrete and residual strength tension, but also on the values of the limiting deformation of steel fiber concrete for compression (ϵ_{fb0}) and tension (ϵ_{fb3}). The issues of assigning the filling coefficients of the diagram for compressed and tensioned steel fiber reinforced concrete and their influence on the bearing capacity of bending steel fiber reinforced concrete elements with different reinforcement coefficients of longitudinal tensile reinforcement are discussed. An engineering method for calculating the required cross-sectional area of longitudinal reinforcement is proposed.

Keywords: steel-fiber concrete structures, bending element, minimum coefficient of reinforcement, diagrammatic calculation method, limit force calculation method, residual tensile strength of steel-fiber concrete.

For citation: Popov V.M., Kondratyuk V.V. Features of the calculation of bending elements of steel-fiber-concrete structures according to normal sections. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 4, pp. 46–54. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-46-54>

Конструкции из сталефибробетона имеют по сравнению с железобетонными ряд преимуществ. Они обладают повышенной трещиностойкостью и вязкостью разрушения, пониженной усадкой и ползучестью, луч-

ше сопротивляются растяжению и сжатию. Стальная фибра сдерживает развитие поперечных растягивающих деформаций и увеличивает его сжимаемость по сравнению с бетоном-матрицей. Однако в нормах

проектирования сталефибробетонных конструкций СП 360.1325800.2017 «Конструкции сталефибробетонные. Правила проектирования» (далее – СП 360) относительные деформации сталефибробетона при напряжениях R_{fb} , ε_{fb0} и ε_{fb} рекомендуется принимать как для бетона-матрицы по нормам СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции», а расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию R_{fb} как для бетона по СП 63.13330.2018. Характеристика сжатой зоны сталефибробетона ω при определении граничной относительной высоты сжатой зоны ξ_R принимается по СП 360.1325800.2017 как для обычного тяжелого бетона соответствующего класса по СП 63.13330.2018. Таким образом, влияние стальных фибр на прочностные и деформационные характеристики сталефибробетона учитывается только при растяжении и не учитывается при сжатии.

В работах [1–4] исследована работа сталефибробетонных конструкций с использованием нелинейной деформационной модели. Расчет изгибаемых элементов сталефибробетонных конструкций по предельным усилиям рассмотрен в работах [5–9]. Действующие с 2018 г. нормы проектирования сталефибробетонных конструкций СП 360 и разъяснения особенностей методик расчета и правил конструирования, приведенные в [10], позволяют расширить их применение в практике проектирования.

В СП 360.1325800.2017 несущая способность сталефибробетонного изгибаемого элемента без рабочей арматуры (рис. 1) определяется по формуле:

$$M_{ult} = R_{fbt} \cdot W_{pl},$$

где момент сопротивления определяется с учетом пластических деформаций в растянутой зоне сталефибробетона:

$$W_{pl} = \frac{b \cdot h^2}{3,6},$$

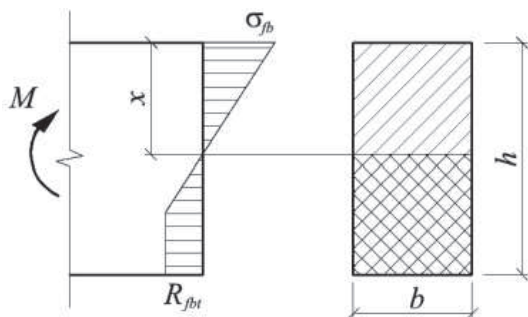


Рис. 1. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного профиля без продольной арматуры при его расчете по прочности

Fig. 1. Scheme of forces and diagram of stresses in a section normal to the longitudinal axis of a bent steel-fiber-concrete element of a rectangular profile without longitudinal reinforcement when calculating its strength

где R_{fbt} – расчетное значение сопротивления сталефибробетона по прочности при осевом растяжении для предельных состояний первой группы.

В этом случае принято, что деформации в крайнем сжатом волокне меньше предельных ($\varepsilon_{fb} < \varepsilon_{fb0}$), а сжимающие напряжения в сжатой грани сталефибробетона не достигают расчетных значений ($\sigma_{fb} < R_{fb}$). Высота сжатой зоны сталефибробетона x – расстояние от сжатой грани элемента до нейтральной оси (рис. 1).

При комбинированном армировании с размещением продольной арматуры в растянутой зоне бетона принимается, что напряжения в крайней сжатой фибре сталефибробетона достигают расчетных значений, а напряжения в крайнем растянутом волокне равны остаточной прочности сталефибробетона при растяжении $\sigma_{fbt} = R_{fbt3}$ (рис. 2). Таким образом, деформации крайнего сжатого волокна равны $\varepsilon_{fb} = \varepsilon_{fb2}$, а деформации крайнего растянутого волокна $\varepsilon_{fbt} = \varepsilon_{fbt3}$.

Несущая способность сталефибробетонного элемента прямоугольного профиля с продольной растянутой арматурой по нормальному сечению относительно центра тяжести продольной растянутой арматуры (рис. 2) согласно СП 360.1325800.2017:

$$M_{ult} = R_{fb} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) \cdot \left(\frac{h-x}{2} - a \right), \quad (1)$$

где R_{fb} – расчетное значение сопротивления сталефибробетона по прочности на осевое сжатие для предельных состояний первой группы; R_{fbt3} – остаточное значение сопротивления сталефибробетона растяжению для предельных состояний первой группы; x – расчетная высота сжатой зоны сталефибробетона; $(h - x)$ – высота растянутой зоны сталефибробетона; R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению; A – площадь поперечного сечения продольной растянутой арматуры.

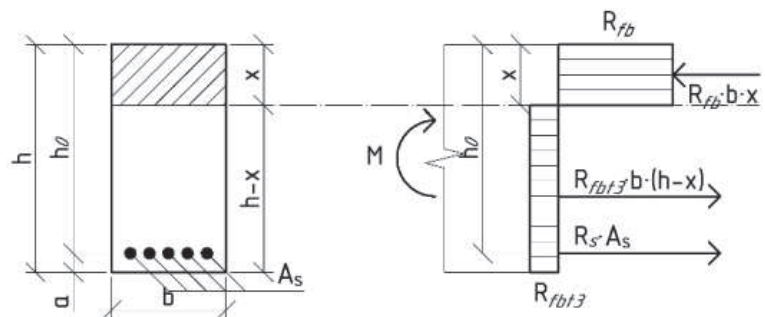


Рис. 2. Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного профиля с продольной растянутой арматурой при его расчете по прочности по СП 360.1325800.2017

Fig. 2. Scheme of forces and diagram of stresses in a section normal to the longitudinal axis of a bent steel-fiber-concrete element of a rectangular profile with longitudinal tensile reinforcement during its strength calculation according to SP 360.1325800.2017

Высота сжатой зоны сталефибробетона x определяется из условия равновесия продольных усилий в элементе:

$$R_{fb} \cdot b \cdot x - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) = R_s \cdot A_s. \quad (2)$$

Здесь диаграммы деформирования сталефибробетона при сжатии и растяжении приняты как для жесткопластического тела с коэффициентами наполнения эпюры $\omega_{fb} = \omega_{fbt} = 1$.

Таким образом, расчетная высота сжатой (растянутой) зоны сталефибробетона приравнивается к фактической, т. е. к расстоянию от сжатой (растянутой) грани элемента до нейтральной оси.

Граничную относительную высоту сжатой зоны сталефибробетона рекомендуется принимать по СП 360.1325800.2017 как для бетона-матрицы без учета влияния фибры на прочностные и деформационные свойства сталефибробетона при сжатии. Коэффициент наполнения эпюры при определении ξ_R принимается как для бетона-матрицы по СП 63.13330.2018 равным $\omega_{fb} = 0,8$ для бетонов классов до В60 и $\omega_{fb} = 0,7$ для бетонов классов В70–В100:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{fb2}}}. \quad (3)$$

Если принять, что x в (1) и (2) есть расчетная (условная) высота сжатой зоны сталефибробетона, найденная в предположении, что напряжения в сталефибробетоне равномерно распределены по расчетной сжатой зоне (диаграмма жесткопластического тела для сжатого сталефибробетона), не совпадает с фактической высотой сжатой зоны сталефибробетона, равной расстоянию от сжатой грани элемента до нейтральной оси, то $x = x_\phi \cdot \omega_{fb}$. Характеристика сжатой зоны сталефибробетона $\omega_{fb} = 0,8$ по СП 360.1325800.2017. В этом случае коэффициент наполнения эпюры для растянутой зоны (характеристика растянутой зоны сталефибробетона) будет $\omega_{fbt} > 1$ и расчетная (условная) высота растянутой зоны сталефибробетона будет принята больше фактической растянутой высоты (расстояния от нейтральной оси до растянутой грани элемента). Это вполне оправданно, так как R_{fbt3} – остаточная прочность сталефибробетона на растяжение меньше R_{fbt} – расчетного значения сопротивления осевому растяжению.

Сталефибробетонный изгибаемый элемент без продольной арматуры будет разрушаться с появлением первой трещины в растянутой зоне. Разрушение сталефибробетонного элемента с продольным армированием будет начинаться с появлением пластических деформаций в растянутой продольной арматуре, напряжения в растянутом сталефибробетоне будут равны остаточной прочности R_{fbt3} , а заканчиваться разрушением сталефибробетона в сжатой зоне. Ми-

нимальный коэффициент армирования продольной растянутой арматуры принят в СП 360.1325800.2017 для изгибаемых элементов – 0,08% и не зависит от класса сталефибробетона на сжатие, растяжение и расчетного сопротивления продольной арматуры.

При пластическом разрушении деформации в крайнем сжатом волокне сталефибробетона будут равны (рис. 3) $\varepsilon_{fb} = \varepsilon_{fb2}$, а деформации в крайнем растянутом волокне сталефибробетона $\varepsilon_{fbt} = \varepsilon_{fbt3}$. Из рис. 3 следует:

$$\frac{x_\phi}{\varepsilon_{fb2}} = \frac{h - x_\phi}{\varepsilon_{fbt3}}. \quad (4)$$

Фактическая высота сжатой зоны сталефибробетона (расстояние от сжатой грани до нейтральной оси):

$$x_\phi = \frac{h \cdot \varepsilon_{fb2}}{\varepsilon_{fb2} + \varepsilon_{fbt3}}. \quad (5)$$

Расчетная высота сжатой зоны сталефибробетона:

$$x = x_\phi \cdot \omega_{fb}. \quad (6)$$

Уравнение равновесия продольных усилий:

$$R_{fb} \cdot b \cdot x - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) = R_s \cdot A_{s,min}. \quad (7)$$

Минимальная площадь поперечного сечения продольной растянутой арматуры:

$$A_{s,min} = \frac{R_{fb} \cdot b \cdot x - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x)}{R_s}, \quad (8)$$

а минимальный коэффициент армирования продольной растянутой арматуры:

$$\mu_{min} = \frac{A_{s,min}}{b \cdot h_0} = \frac{R_{fb} \cdot x - R_{fbt3} \cdot (h - x)}{R_s \cdot h_0} = \frac{(R_{fb} + R_{fbt3}) \cdot x + R_{fbt3} \cdot h}{R_s \cdot h_0}. \quad (9)$$

В рамках диаграммного метода расчета сталефибробетонных изгибаемых элементов разработан алгоритм и программа расчета минимального коэффициента армирования продольной арматуры μ_{min} .

Расчет базируется на следующих допущениях:

- справедлива гипотеза плоских сечений;
- по высоте сечение условно разбивалось на 400 слоев (число слоев может быть произвольным);
- в программе предусмотрены различные аналитические зависимости для описания диаграммы деформирования сталефибробетона (бетона) и арматуры;
- диаграмма σ – ε сталефибробетона при сжатии и растяжении принималась по СП 360;
- деформации в крайней сжатой фибре сталефибробетона принимались $\varepsilon_{fb} = \varepsilon_{fb2}$;
- деформации в крайней растянутой фибре сталефибробетона принимались $\varepsilon_{fbt} = \varepsilon_{fbt3}$;
- площадь поперечного сечения продольной растянутой арматуры определялась из уравнения равновесия усилий в сжатом сталефибробетоне, растянутом сталефибробетоне и растянутой арматуре.

Исходные данные для определения минимального коэффициента армирования продольной растянутой

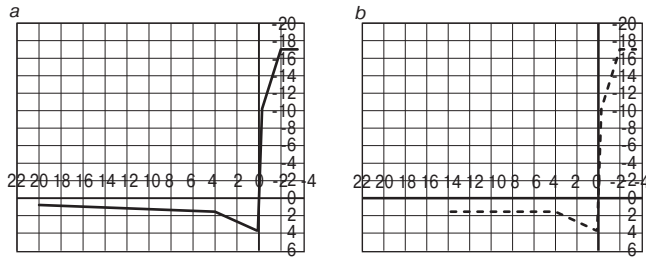


Рис. 3. Диаграмма деформирования сталефибробетона: а – первый вариант; б – второй вариант

Fig. 3. Diagram of deformation of steel fiber reinforced concrete: a – the first option; b – the second option

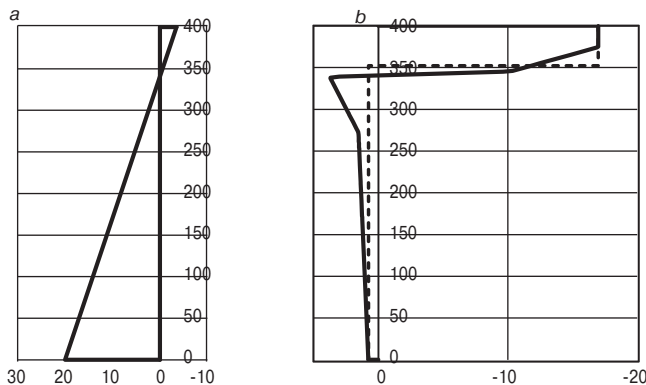


Рис. 4. Распределение деформаций по высоте сечения элемента: а – распределение напряжений по высоте сечения элемента; б – пунктиром показаны напряжения при использовании диаграммы жесткопластического тела для сталефибробетона (вариант 1)

Fig. 4. Distribution of deformations along the height of the section of the element: a – distribution of stresses over the height of the section of the element; b – the dotted line shows the stresses when using the diagram of a rigid plastic body for steel fiber concrete (option 1)

арматуры и результаты расчета μ_{min} по методу предельных усилий (формула (9) и диаграммному методу приведены в таблице.

При расчете по методу предельных усилий характеристики сжатой зоны сталефибробетона принималось $\omega_{fb}=0,8$. При диаграммном методе расчета вычислялись характеристики сжатой и растянутой зоны сталефибробетона ω_{fb} и ω_{fbt} . Диаграммы деформирования сталефибробетона приведены на рис. 3, а – 1-й вариант и рис. 3, б – 2-й вариант.

На рис. 4 (пример 1) и рис. 5 (пример 2) показаны результаты расчета распределения деформаций и напряжений по высоте сечения изгибаемого элемента, полученные диаграммным методом.

Сравнение результатов расчета μ_{min} по методу предельных усилий и по диаграммному методу показало, что при деформациях крайнего растянутого волокна $\varepsilon_{fbt}=\varepsilon_{fbt3}=20\cdot 10^{-3}$ значение μ_{min} по диаграммному методу в 1,5 раза меньше, чем по методу предельных усилий, а при $\varepsilon_{fbt}=\varepsilon_{fbt3}=13,75\cdot 10^{-3}$ результаты практически совпали (см. таблицу). Полученные значения μ_{min} существенно превышают значения $\mu_{min}=0,08\%$, рекомендованные в СП 360.1325800.2017.

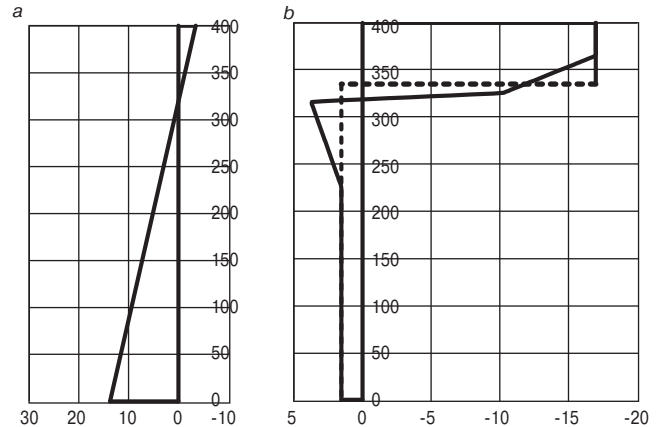


Рис. 5. Распределение деформаций по высоте сечения элемента: а – распределение напряжений по высоте сечения элемента; б – пунктиром показаны напряжения при использовании диаграммы жесткопластического тела для сталефибробетона (вариант 2)

Fig. 5. Distribution of deformations along the height of the section of the element: a – distribution of stresses along the height of the section of the element; b – the dotted line shows the stresses when using the diagram of a rigid plastic body for steel fiber concrete (option 2)

Исходные данные и результаты расчета минимального коэффициента армирования продольной арматуры
Initial data and results of calculation of the minimum coefficient of reinforcement of longitudinal reinforcement

Параметры	1-й вариант	2-й вариант
Исходные данные		
b , мм	200	200
h мм	400	400
h_0 , мм	350	350
E_{fb} , МПа	35850	35850
R_{fb} , МПа	17	17
$\varepsilon_{fb0}\cdot 10^3$	2	2
$\varepsilon_{fb2}\cdot 10^3$	3,5	3,5
R_{fbt} , МПа	3,7	3,7
R_{fbt2} , МПа	1,54	1,54
R_{fbt3} , МПа	0,77	1,54
$\varepsilon_{fbt0}\cdot 10^3$	0,10321	0,10321
$\varepsilon_{fbt1}\cdot 10^3$	0,20321	0,20321
$\varepsilon_{fbt2}\cdot 10^3$	4	4
$\varepsilon_{fbt3}\cdot 10^3$	20	13,75
Результаты расчета		
По формуле (9)		
μ_{min} , %	0,44	0,48
ω_{fb}	0,8	0,8
Диаграммный метод		
μ_{min} , %	0,3	0,47
ω_{fb}	0,845	0,845
ω_{fbt}	1,881	1,205

Методика расчета требуемой площади поперечного сечения продольной растянутой арматуры в изгибаемом сталефибробетонном элементе прямоугольного профиля с одиночным армированием

Исходные данные: h – высота сечения элемента; b – ширина сечения элемента; R_{fb} – расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию; R_{fbt3} – остаточное сопротивление осевому растяжению; R_s – расчетное сопротивление продольной арматуры растяжению.

Задаем значение параметра a – расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до растянутой грани элемента и определяем значение рабочей высоты сечения $h_0 = h - a$.

Уравнение равновесия продольных усилий:

$$R_{fb} \cdot b \cdot x = R_s \cdot A_s + R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x).$$

Условие прочности относительно центра тяжести продольной растянутой арматуры (уравнение равновесия моментов):

$$M \leq M_{ult} = R_{fb} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) \cdot (0,5 \cdot h - 0,5 \cdot x - a).$$

Приравняем несущую способность к изгибающему моменту от нагрузки:

$$M = R_{fb} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) \cdot (0,5 \cdot h - 0,5 \cdot x - a). \quad (10)$$

Раскроем скобки и преобразуем (10) к виду:

$$(R_{fb} + R_{fbt3}) \cdot x^2 - 2 \cdot h_0 \cdot (R_{fb} + R_{fbt3}) \cdot x + R_{fbt3} \cdot h \cdot (h - 2 \cdot a) + \frac{2 \cdot M}{b} = 0. \quad (11)$$

Представим (11) в виде:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x + C = 0,$$

где:

$$A = R_{fb} + R_{fbt3};$$

$$B = -2 \cdot h_0 (R_{fb} + R_{fbt3});$$

$$C = R_{fbt3} \cdot h \cdot (h_0 - a) + \frac{2 \cdot M}{b}.$$

Расчетная высота сжатой зоны:

$$x = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}.$$

Проверяем условие:

$$\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_{se}}{\varepsilon_{fb2}}}, \quad (12)$$

где ω – характеристика сжатой зоны сталефибробетона, принимается по предложению СП 360.1325800.2017 как для бетона-матрицы. Параметр ω нуждается в дополнительном исследовании. Можно предположить, что значение параметра ω у сталефибробетона будет

больше, чем у бетона-матрицы, и будет зависеть от процента армирования фибры.

Если условие (12) выполняется, то требуемая площадь сечения продольной растянутой арматуры:

$$A_s = \frac{R_{fb} \cdot b \cdot x - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x)}{R_s}.$$

Далее по сортаменту подбираем продольную арматуру и выполняем конструирование.

Если условие (12) не выполняется, то можно увеличить размеры сечения элемента или установить рабочую арматуру в сжатую зону.

Методика расчета требуемой площади поперечного сечения продольной растянутой арматуры в изгибаемом сталефибробетонном элементе прямоугольного профиля с двойным армированием

Исходные данные: h – высота сечения элемента; b – ширина сечения элемента; R_{fb} – расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию; R_{fbt3} – остаточное сопротивление осевому растяжению; R_s – расчетное сопротивление продольной арматуры сжатию; A'_s – площадь поперечного сечения продольной сжатой арматуры.

Определяем значение параметра a' (расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до сжатой грани элемента).

Задаем значение параметра a (расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до растянутой грани элемента) и определяем значение рабочей высоты сечения:

$$h_0 = h - a.$$

Уравнение равновесия продольных усилий:

$$R_{fb} \cdot b \cdot x = R_s \cdot A_s + R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) - R_{sc} \cdot A'_s.$$

Условие прочности относительно центра тяжести продольной растянутой арматуры (уравнение равновесия моментов):

$$M \leq M_{ult} = R_{fb} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) \cdot (0,5 \cdot h - 0,5 \cdot x - a) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a').$$

Приравняем несущую способность к изгибающему моменту от нагрузки:

$$M = R_{fb} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) \cdot (0,5 \cdot h - 0,5 \cdot x - a) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a'). \quad (13)$$

Раскроем скобки и преобразуем (13) к виду:

$$(R_{fb} + R_{fbt3}) \cdot x^2 - 2 \cdot h_0 \cdot (R_{fb} + R_{fbt3}) \cdot x + R_{fbt3} \cdot h \cdot (h_0 - a') + \frac{2 \cdot [M - R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')]}{b} = 0. \quad (14)$$

Представим (14) в виде:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x + C = 0,$$

где:

$$A = R_{fb} + R_{fbt3};$$

$$B = -2 \cdot h_0 (R_{fb} + R_{fbt3});$$

$$C = R_{fbt3} \cdot h \cdot (h_0 - a') + \frac{2 \cdot [M - R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')]}{b}.$$

Расчетная высота сжатой зоны:

$$x = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}.$$

Проверяем условие:

$$\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_s \cdot e_l}{\varepsilon_{fb2}}}. \quad (15)$$

Если условие (15) выполняется, то требуемая площадь сечения продольной растянутой арматуры:

$$A_s = \frac{R_{fb} \cdot b \cdot x - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x) + R_{sc} \cdot A'_s}{R_s}.$$

Далее по сортаменту подбираем продольную арматуру и выполняем конструирование.

Если условие (15) не выполняется, то можно увеличить площадь поперечного сечения рабочей арматуры в сжатой зоне.

Методика расчета требуемой площади поперечного сечения продольной растянутой арматуры в изгибаемом сталефибробетонном элементе таврового профиля с одиночным армированием со сжатой полкой

Исходные данные: h – высота сечения элемента; b – ширина сечения элемента; h'_f – высота сечения полки; b'_f – ширина сечения полки; R_{fb} – расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию; R_{fbt3} – остаточное сопротивление осевому растяжению; R_s – расчетное сопротивление продольной арматуры растяжению.

Задаемся значением параметра a (расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до растянутой грани элемента) и определяем значение рабочей высоты сечения:

$$h_0 = h - a.$$

Определяем высоту сечения ребра:

$$h_w = h - h'_f.$$

Проверяем условие:

$$R_{fb} \cdot b'_f \cdot h'_f \leq R_s \cdot A_s + R_{fbt3} \cdot b \cdot h_w. \quad (16)$$

Если условие (16) выполняется, то $x \leq h'_f$ – расчетная форма сечения, прямоугольная с шириной, равной ширине полки ($b = b'_f$).

Уравнение равновесия продольных усилий:

$$R_{fb} \cdot b'_f \cdot x = R_s \cdot A_s + R_{fbt3} \cdot b'_f \cdot (h'_f - x) + R_{fbt3} \cdot b \cdot h_w.$$

Условие прочности по нормальному сечению в общем виде:

$$M \leq M_{ult} = N_{fb} \cdot z_1 - N_{fbt1} \cdot z_2 - N_{fbt2} \cdot z_3,$$

где:

– усилия в сжатой части полки $N_{fb} = R_{fb} \cdot b'_f \cdot x$;

– усилия в растянутой части полки:

$$N_{fbt1} = R_{fbt3} \cdot b'_f \cdot (h'_f - x);$$

– усилия в растянутом ребре $N_{fbt2} = R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - h'_f)$;

– расстояние от центра тяжести сжатой зоны сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры $z_1 = h_0 - 0,5x$;

– расстояние от центра тяжести растянутой зоны полки сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры $z_2 = h_0 - 0,5x - 0,5 \cdot h'_f$;

– расстояние от центра тяжести растянутой зоны ребра сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры:

$$z_3 = 0,5 \cdot h - 0,5 \cdot h'_f - a = 0,5 \cdot (h_0 - h'_f - a).$$

Приравняем несущую способность к моменту от внешних воздействий:

$$M_{ult} - M = 0.$$

Тогда:

$$R_{fb} b'_f x \cdot (h_0 - 0,5x) - R_{fbt3} b'_f (h'_f - x) \left(h - \frac{h'_f + x}{2} - a \right) - R_{fbt3} b (h - h'_f) \left(\frac{h - h'_f}{2} - a \right) - M = 0. \quad (17)$$

Раскроем скобки, и преобразуем уравнение (17) и представим в виде:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x + C = 0,$$

где:

$$A = R_{fb} + R_{fbt3};$$

$$B = -2 \cdot h_0 (R_{fb} + R_{fbt3});$$

$$C = \frac{R_{fbt3} \cdot [2 \cdot b'_f \cdot h'_f \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h'_f) + b \cdot (h - h'_f) \cdot (h_0 - h'_f - a)] + 2 \cdot M}{b'_f}.$$

Расчетная высота сжатой зоны:

$$x = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}.$$

Проверяем условие:

$$\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_s \cdot e_l}{\varepsilon_{fb2}}}. \quad (18)$$

Если условие (18) выполняется, то требуемая площадь сечения продольной растянутой арматуры:

$$A_s = \frac{R_{fb} \cdot b'_f \cdot x - R_{fbt3} \cdot [b'_f \cdot (h'_f - x) + b \cdot h_w]}{R_s}.$$

Далее по сортаменту подбираем продольную арматуру и выполняем конструирование.

Если условие (18) не выполняется, то можно установить рабочую арматуру в сжатую зону.

Если условие (16) выполняется, то $x > h'_f$ – расчетная форма сечения тавровая.

Уравнение равновесия продольных усилий:

$$R_{fb} \cdot [b \cdot x + (b'_f - b) \cdot h'_f] = R_s \cdot A_s + R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x).$$

Приравняем несущую способность по нормальному сечению к изгибающему моменту от нагрузки:

$$M = N_{fb1} \cdot z_1 + N_{fb2} \cdot z_2 - N_{fbt1} \cdot z_3, \quad (19)$$

где:

– усилия в сжатой части ребра $N_{fb1} = R_{fb} \cdot b \cdot x$;

– усилия в сжатых свесах полки:

$$N_{fb2} = R_{fb} \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f;$$

– усилия в растянутой части ребра:

$$N_{fbt1} = R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x);$$

– расстояние от центра тяжести сжатой зоны ребра сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры $z_1 = h_0 - 0,5x$;

– расстояние от центра тяжести сжатой зоны полки сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры $z_2 = h_0 - 0,5 \cdot h'_f$;

– расстояние от центра тяжести растянутой зоны ребра сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры:

$$z_3 = 0,5 \cdot h - 0,5 \cdot h'_f - a = 0,5 \cdot (h_0 - h'_f - a).$$

Преобразуем уравнение (19) и представим в виде:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x + C = 0,$$

где:

$$A = R_{fb} + R_{fbt3};$$

$$B = -2 \cdot h_0 (R_{fb} + R_{fbt3});$$

$$C = R_{fbt3} \cdot h \cdot (h_0 - a) - \frac{2 \cdot (R_{fb} \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h'_f) - M)}{b}.$$

Расчетная высота сжатой зоны:

$$x = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}.$$

Проверяем условие:

$$\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{fb2}}}. \quad (20)$$

Если условие (20) выполняется, то требуемая площадь сечения продольной растянутой арматуры:

$$A_s = \frac{R_{fb} \cdot b \cdot x + R_{fb} \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h - x)}{R_s}.$$

Далее по сортаменту подбираем продольную арматуру и выполняем конструирование.

Если условие (20) не выполняется, то можно установить рабочую арматуру в сжатую зону.

Методика расчета требуемой площади поперечного сечения продольной растянутой арматуры в изгибаемом сталефибробетонном элементе таврового профиля с одиночным армированием с растянутой полкой

Исходные данные: h – высота сечения элемента; b – ширина сечения элемента; h'_f – высота сечения полки; b_f – ширина сечения полки; R_{fb} – расчетное сопротивление сталефибробетона сжатию; R_{fbt3} – остаточное сопротивление осевому растяжению; R_s – расчетное сопротивление продольной арматуры растяжению.

Задаемся значением параметра a (расстояние от центра тяжести растянутой арматуры до растянутой грани элемента) и определяем значение рабочей высоты сечения:

$$h_0 = h - a.$$

Определяем высоту сечения ребра:

$$h_w = h - h'_f.$$

Проверяем условие:

$$R_{fb} \cdot b \cdot h_w \leq R_s \cdot A_s + R_{fbt3} \cdot b_f \cdot h'_f. \quad (21)$$

Если условие (21) выполняется, то $x \leq h_w$.

Уравнение равновесия продольных усилий:

$$R_{fb} \cdot b \cdot x = R_s \cdot A_s + R_{fbt3} \cdot b_f \cdot h'_f + R_{fbt3} \cdot b \cdot (h_w - x).$$

Приравняем несущую способность по нормальному сечению к изгибающему моменту от нагрузки:

$$M \leq M_{ult} = N_{fb} \cdot z_1 - N_{fbt1} \cdot z_2 - N_{fbt2} \cdot z_3, \quad (22)$$

где:

– усилия в сжатой части ребра $N_{fb} = R_{fb} \cdot b \cdot x$;

– усилия в растянутой полке $N_{fbt1} = R_{fbt3} \cdot b_f \cdot h'_f$;

– усилия в растянутой части ребра:

$$N_{fbt2} = R_{fbt3} \cdot b \cdot (h_w - x);$$

– расстояние от центра тяжести сжатой зоны ребра сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры $z_1 = h_0 - 0,5x$;

– расстояние от центра тяжести растянутой полки сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры $z_2 = 0,5 \cdot h'_f - a$;

– расстояние от центра тяжести растянутой зоны ребра сталефибробетона до центра тяжести продольной растянутой арматуры:

$$z_3 = 0,5 \cdot h_w - 0,5 \cdot x + h'_f - a.$$

Приравняем несущую способность к моменту от внешних воздействий:

$$M_{ult} - M = 0.$$

Тогда:

$$R_{fb} \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) - R_{fbt3} \cdot b \cdot (h_w - x) \cdot (0,5 \cdot h_w - 0,5 \cdot x + h_f - a) - R_{fbt3} \cdot b_f \cdot h_f \cdot (0,5 \cdot h_f - a) - M = 0. \quad (23)$$

Уравнение (23) представим в виде:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x + C = 0, \quad (24)$$

где:

$$A = R_{fb} + R_{fbt3};$$

$$B = -2 \cdot h_0 (R_{fb} + R_{fbt3});$$

$$C = \frac{R_{fbt3} \cdot [b \cdot h_w \cdot (h_0 + h_f - a) + b_f \cdot h_f \cdot (h_f - 2 \cdot a)] + 2 \cdot M}{b}.$$

Расчетную высоту сжатой зоны бетона найдем из решения квадратного уравнения (24) в виде:

$$x = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}.$$

Проверяем условие:

$$\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{fb2}}}. \quad (25)$$

Если условие (25) выполняется, то требуемая площадь сечения продольной растянутой арматуры:

$$A_s = \frac{R_{fb} \cdot b \cdot x - R_{fbt3} \cdot [b \cdot (h_w - x) + b_f \cdot h_f]}{R_s}.$$

Список литературы

1. Морозов В.И., Опбул Э.К. Расчет изгибаемых сталефиброжелезобетонных элементов по нелинейной деформационной модели с использованием опытных диаграмм деформирования сталефибробетона // *Вестник гражданских инженеров*. 2016. № 5 (58). С. 51–55.
2. Опбул Э.К., Дмитриев Д.А., Ведерникова А.А. Нелинейно-итерационный расчет прочности сталефиброжелезобетонных элементов с использованием опытных диаграмм деформирования материалов // *Вестник гражданских инженеров*. 2017. № 1 (60). С. 79–91.
3. Опбул Э.К., Дмитриев Д.А. Расчет прочности предварительно напряженных конструкций на основе нелинейной деформационной модели на примере многопустотной плиты перекрытия безопалубочной технологии // *Вестник гражданских инженеров*. 2019. № 6 (77). С. 93–110.
4. Aleksey Pavlov, Aleksey Kheday, Tatyana Kheday. Analysis of bending steel fiber reinforced concrete elements with a stress-strain model // *Architecture and Engineering*. 2020. Vol. 5. Iss. 3, pp. 14–19.
5. Мухамедиев Т.А. Расчет по прочности изгибаемых фибробетонных конструкций методом пре-

Далее по сортаменту подбираем продольную арматуру и выполняем конструирование.

Если условие (25) не выполняется, то можно установить рабочую арматуру в сжатую зону.

В рамках метода расчета по предельным усилиям разработана методика расчета минимального коэффициента армирования продольной растянутой арматуры.

Разработан алгоритм и программа расчета минимального коэффициента армирования продольной растянутой арматуры диаграммным методом.

Выполнен анализ минимального коэффициента армирования продольной растянутой арматуры как по методу предельных усилий, так и по диаграммным методом расчета.

Показано, что значения минимального коэффициента армирования продольной растянутой арматуры зависят от прочностных и деформационных характеристик сжатого и растянутого сталефибробетона.

Разработаны методики расчета требуемой площади поперечного сечения продольной растянутой арматуры в изгибаемом сталефибробетонном элементе прямоугольного профиля с одиночным и двойным армированием и таврового профиля с одиночным армированием со сжатой и растянутой полками.

References

1. Morozov V.I., Opbul E.K. Calculation of bent steel-reinforced concrete elements according to a nonlinear deformation model using experimental diagrams of deformation of steel-reinforced concrete. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2016. No. 5 (58), pp. 51–55. (In Russian).
2. Opbul E.K., Dmitriev D.A., Vedernikova A.A. Nonlinear iterative strength calculation of steel-reinforced concrete elements using experimental diagrams of deformation of materials. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2017. No. 1 (60), pp. 79–91. (In Russian).
3. Opbul E.K., Dmitriev D.A. Calculation of the strength of prestressed structures based on a nonlinear deformation model on the example of a multi-hollow floor slab of non-formwork technology. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2019. No. 6 (77), pp. 93–110. (In Russian).
4. Aleksey Pavlov, Aleksey Kheday, Tatiana Kheday. Analysis of bending steel fiber reinforced concrete elements with a stress-strain model. *Architecture and Engineering*. 2020. Vol. 5. Iss. 3, pp. 14–19. (In Russian).
5. Mukhamediev T.A. Calculation of the strength of bendable fiber-concrete structures by the method of

- дельных усилий // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2016. № 5. С. 12–18.
6. Мухамедиев Т.А., Соколов Б.С. Новое в нормировании сталефибробетона и расчетах сталефибробетонных конструкций // *Строительные материалы*. 2017. № 4. С. 59–64.
 7. Мухамедиев Т.А. К вопросу расчета фибробетонных конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 1. С. 16–20.
 8. Попов В.М., Суворов И.В. Некоторые особенности расчета изгибаемых элементов из сталефибробетона при комбинированном армировании // *Вестник гражданских инженеров*. 2014. № 3 (44). С. 88–91.
 9. Попов В.М., Сапунова А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния фибробетонных изгибаемых элементов трапециевидного профиля с комбинированным армированием // *Промышленное и гражданское строительство*. 2015. № 9. С. 15–20.
 10. Соколов Б.С., Мухамедиев Т.А. Проектирование сталефибробетонных конструкций в пособии к СП 360.1325800.2017 // *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2020. 1 (24). С. 98–107.
6. Mukhamediev T.A., Sokolov B.S. New in the rationing of steel-fiber concrete and calculations of steel-fiber concrete structures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2017. No. 4, pp. 59-64. (In Russian).
 7. Mukhamediev T.A. On the issue of calculation of fibro-concrete structures. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 1, pp. 16–20. (In Russian).
 8. Popov V.M., Suvorov I.V. Some features of the calculation of bent elements made of steel-fiber concrete with combined reinforcement. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2014. No. 3 (44), pp. 88–91. (In Russian).
 9. Popov V.M., Sapunova A.A. Investigation of the stress-strain state of fiber-reinforced concrete elements of a trapezoidal profile with combined reinforcement. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015. No. 9, pp. 15–20. (In Russian).
 10. Sokolov B.S., Mukhamediev T.A. Design of steel-fiber concrete structures in the manual for SP 360.1325800.2017. *Vestnik NITs «Stroitel'stvo»*. 2020. No. 1 (24), pp. 98–107. (In Russian).

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики. Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок.



Книга «Сухие строительные смеси. Состав, свойства»

Авторы – Корнеев В.И., Зозуля П.В.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах. Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.



Книга «Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий»

Авторы – Балакшин Ю.З., Терехов В.А.

Описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Даны характеристики сырьевым материалам – песку, щебню, вяжущим и химическим добавкам, и рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования. Книга предназначена для организации производственно-технического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу и широкому кругу специалистов.



Заказать литературу можно через редакцию
по тел.: (499) 976-22-08, 976-20-36; e-mail: mail@rifsm.ru,
или оформить заявку на сайте www.rifsm.ru

УДК 725.5

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-55-65>

М.Ю. ВИЛЕНСКИЙ, канд. архитектуры (vilenm@list.ru)

Б.С. ПРОВКИН, магистрант (provkinboris@gmail.com)

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

Эволюция и развитие системы здравоохранения в пространственной структуре Санкт-Петербурга

Современный подход к пространственному размещению медицинских учреждений в крупнейших городах требует решения задач на стыке междисциплинарных исследований в области градостроительства, архитектуры, здравоохранения, социологии, экономики и управления. Пространственно-демографический рост городов опережает инфраструктурные преобразования. Развитие медицины, экономические и социальные изменения приводят к снижению эффективности исторически сложившихся моделей здравоохранения. Цель исследования состоит в выработке рекомендаций по размещению современных медицинских учреждений для оказания надлежащей и равной медицинской помощи, а также для их оптимального пространственного размещения в условиях интегрирования в эволюционно сложившиеся системы здравоохранения и городского планирования Санкт-Петербурга. В статье предложена периодизация градостроительного развития системы здравоохранения Петербурга. Выявлены тенденции и проблематика размещения медицинских объектов на разных этапах развития города. Даны рекомендации для оптимизации подходов к организации системы планирования медицинской инфраструктуры на современном этапе.

Ключевые слова: градостроительство, система здравоохранения, медицинская инфраструктура, пространственная структура города.

Для цитирования: Виленский М.Ю., Провкин Б.С. Эволюция и развитие системы здравоохранения в пространственной структуре Санкт-Петербурга // *Жилищное строительство*. 2022. № 4. С. 55–65.
DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-55-65>

M.Y. VILENSKII, Cand. Arch. Ass. Prof. (vilenm@list.ru),
B.S. PROVKIN, master's student of department of urban planning, architect (provkinboris@gmail.com)
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(4, Vtoraya Krasnoarmeiskaya Street, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation)

Evolution and Development of Healthcare System in Spatial Structure of Saint-Petersburg

The modern approach to the spatial placement of medical institutions in the largest cities requires solving problems at the intersection of interdisciplinary research in the field of urban planning, architecture, healthcare, sociology, economics and management. The spatial and demographic growth of cities is outpacing infrastructural transformations. The development of medicine, economic and social changes lead to a decrease in the effectiveness of historically established models of healthcare. The purpose of the study is to develop recommendations on the placement of modern medical institutions for the provision of appropriate and equal medical care, as well as for their optimal spatial placement in conditions of integration into the evolutionarily developed healthcare systems and urban planning of St. Petersburg. The article proposes a periodization of the urban development of the St. Petersburg healthcare system. The trends and problems of the placement of medical facilities at different stages of the development of the city are revealed. Recommendations are given for optimizing approaches to the organization of the medical infrastructure planning system at the present stage.

Keywords: urban planning, healthcare system, medical infrastructure, spatial structure of a city.

For citation: Vilenskii M.Yu., Provkina B.S. Evolution and development of healthcare system in spatial structure of Saint-Petersburg. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 4, pp. 55–65. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-55-65>

Современное развитие Санкт-Петербурга, и в первую очередь его селитебных территорий, демонстрирует необходимость поиска новой стратегии пространственного развития, способной обеспечить интеграцию различных инфраструктурных систем с интенсивно растущей застройкой по устойчивой модели развития с обеспечением необходимых приори-

тетов в рамках формирования территориально-пространственных элементов в структуре города. Одной из таких систем является система здравоохранения в целом и составляющие ее объекты. Предоставление услуг и наличие объектов, отвечающих потребностям жителей, содействие социальному взаимодействию и повышение общего качества жизни имеют важное

значение для создания устойчивых сообществ. Социальные блага должны быть обеспечены равным доступом как для жителей в новой застройке, так и в существующем сообществе [1]. В то же время необходимо учитывать, что сама медицинская инфраструктура – это динамически развивающаяся система [2]. Социальная инфраструктура является не только обслуживающей системой, обеспечивающей функционирование урбанизированной территории, но также генерирует рабочие места и создает центры развития. Система здравоохранения как совокупность санитарно-эпидемиологических, гигиенических, демографических аспектов является системообразующим фактором в формировании градостроительной среды. Доступность и качество функционирования системы здравоохранения являются важнейшими составляющими территориального развития.

Многие современные системы здравоохранения в Европе, США, Китае и ряде других стран переосмысливают традиционную структуру медицинских учреждений [3–11]. Это связано с кластерным развитием, при котором крупные больницы, образовательные и исследовательские центры развиваются как сложные системы за пределами своих стен. Крупные медицинские учреждения открывают двери для создания новых инициатив, продвигающих амбулаторное лечение, приближенное к потребителю, системы профилактики здоровья и условия для комфортной среды [2–4]. Такие кластеры интегрируются в системы расселения, сами становятся их локомотивами, формируя вокруг себя эффективно развивающиеся сообщества и развивая иные сегменты экономики. Размещение медицинских учреждений – это процесс, который должен учитывать множество заинтересованных сторон: жителей, пациентов, врачей, налогоплательщиков, политиков и других участников [5].

Примером новых решений является программа национальной службы здравоохранения Англии (NHS) создания к 2030 г. 48 новых «больниц будущего», отвечающих высокотехнологичным стандартам, и расположенных с учетом формирования устойчиво развивающихся территорий. Предполагается, что они станут узлами локального, национального и международного развития [6].

Вопросы роли системы здравоохранения в градостроительстве в постпандемийный период также активно изучаются исследователями в различных странах и регионах, поскольку этот опыт также требует осмысления и интегрирования в пространственную модель [7–9].

В решении задачи интегрированности медицинской инфраструктуры в пространственную систему развития Санкт-Петербурга международная практика может быть интересна с позиций реализации аль-

тернативных подходов, с учетом возможности и целесообразности их интегрирования со сложившейся городской системой. Анализ системы здравоохранения в увязке с территориальным развитием города и выявление подходов к ее преобразованию – это первичная задача на пути формирования современной концепции пространственного размещения объектов здравоохранения.

Материалы и методы

В градостроительном аспекте развитие городской инфраструктуры стабильно представляется как процесс в рамках постоянного динамичного расширения селитебных территорий. Результатом стремительного роста селитебных территорий в Санкт-Петербурге становится ситуация, в которой городская инфраструктура, в частности объекты медицинского обеспечения, не рассматривается как важная функциональная и структурная часть застройки города, создавая дисбаланс в развитии как отдельных территорий, так и города в целом. Точечные методы интеграции инфраструктуры не позволяют решать проблему устойчивого развития и тем более создавать предпосылки для развития самих инфраструктурных элементов. Для того чтобы выявить подходы к преодолению этой ситуации, необходимо проанализировать, какие же причины и какие условия привели к этому.

В рамках исследования эволюции развития медицинской инфраструктуры в структуре Санкт-Петербурга рассмотрены эволюционные этапы развития системы здравоохранения и ее функциональных элементов (отдельных зданий и комплексов) и ее связь с пространственным развитием города. В исследовании изучены картографические, библиографические и специализированные источники, проанализированы геоинформационные системы. В результате выделены этапы историко-эволюционного развития системы здравоохранения в Санкт-Петербурге, подразделяющиеся на три блока: дореволюционный период (1703–1917); советский период (1917–1991) и современный период (1991 – настоящее время). Каждый из периодов совпадает по эволюционному развитию как медицинской системы и ее инфраструктуры, так и пространственно-планировочного развития города. Каждый из периодов разделен на этапы, в которых подробно рассмотрено развитие инфраструктуры на территориальном уровне (рис. 1). Для современного этапа выявлена проблематика развития и предложены пути ее преодоления.

Дореволюционный период 1703–1917 гг. Начальный этап 1703–1730 гг. Первым государственным медицинским учреждением в России был Аптекарский Приказ, созданный в 1620 г., однако сама система здравоохранения начала формироваться в

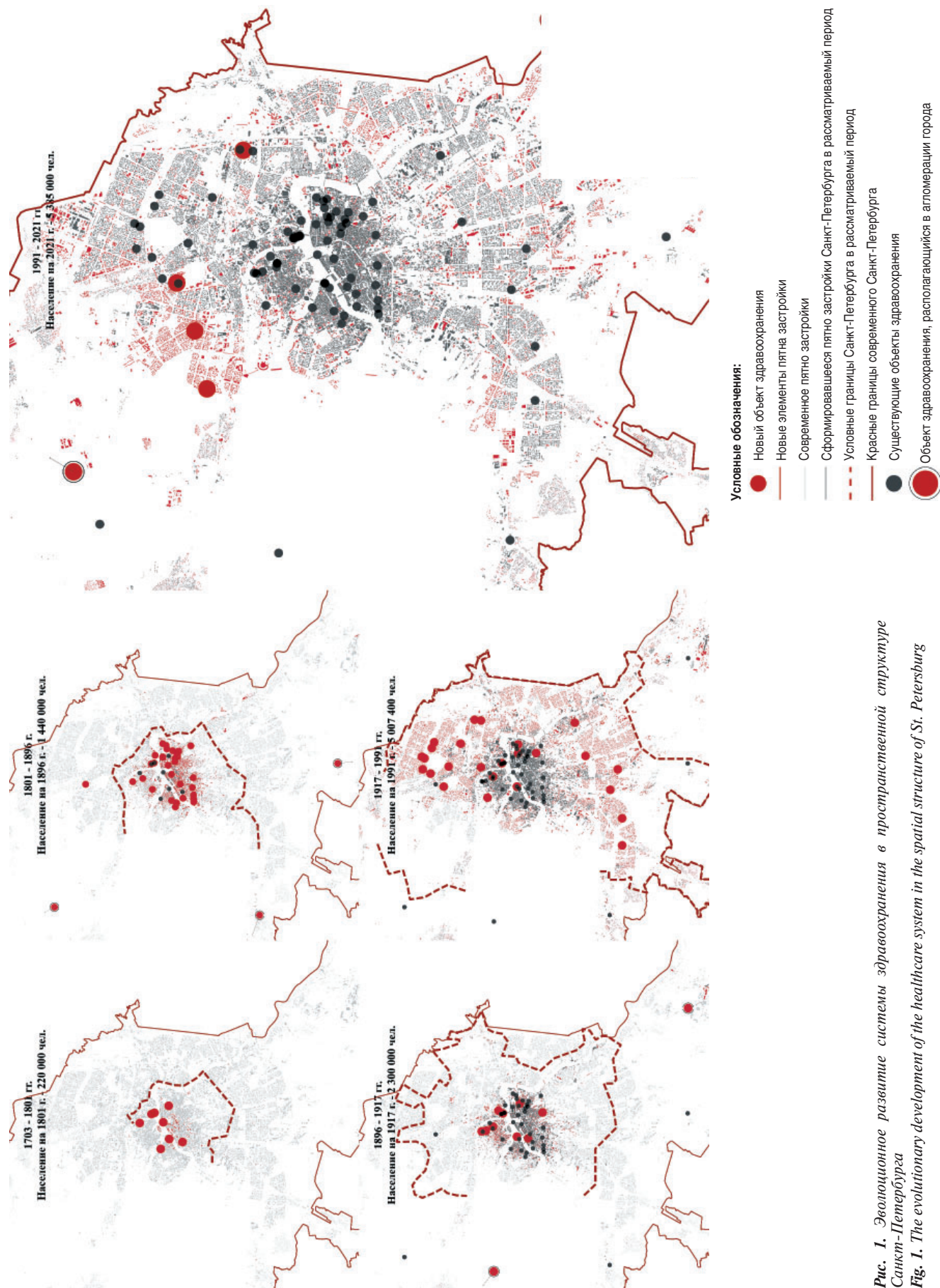


Рис. 1. Эволюционное развитие системы здравоохранения в пространственной структуре Санкт-Петербурга

Fig. 1. The evolutionary development of the healthcare system in the spatial structure of St. Petersburg

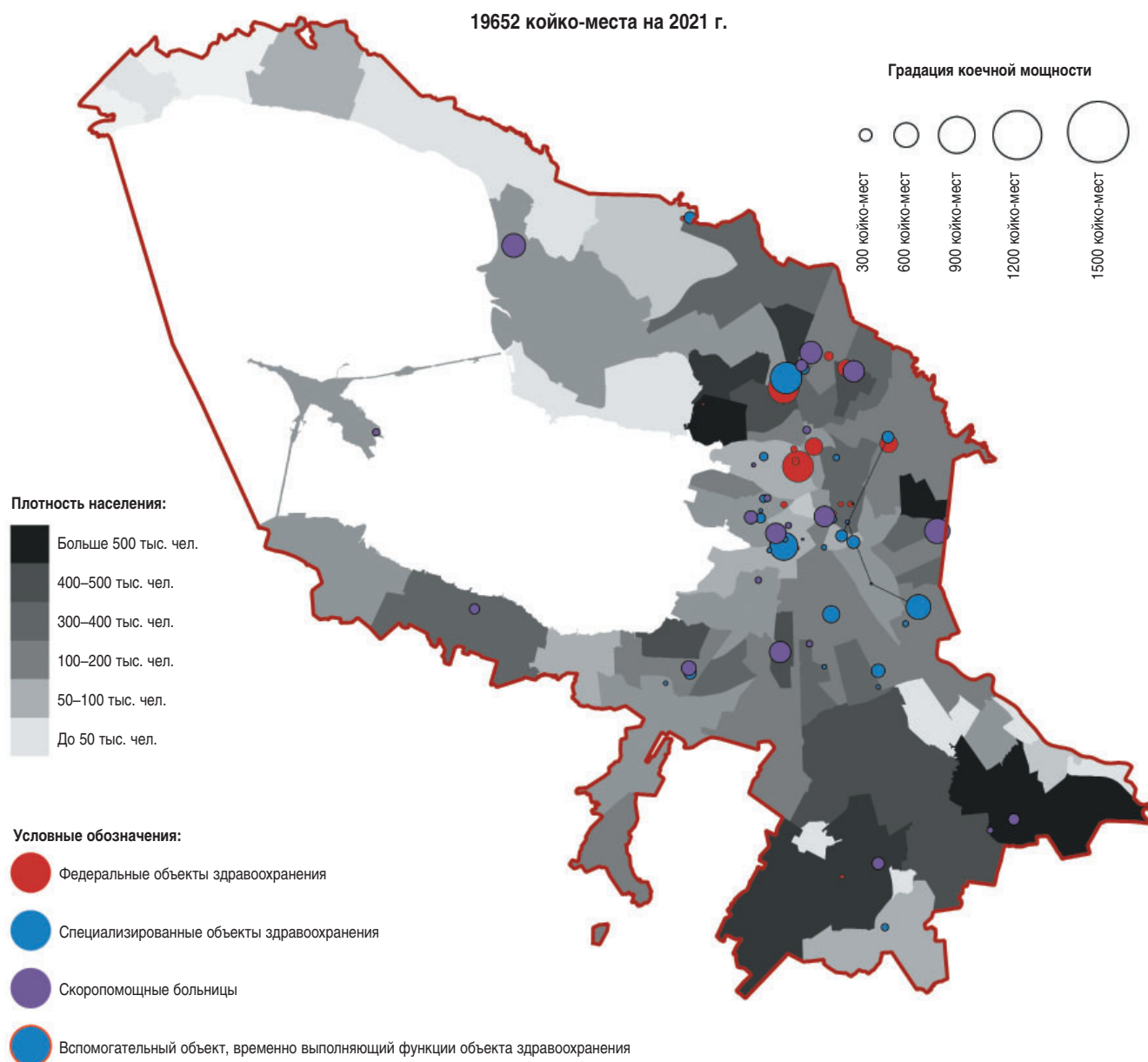


Рис. 2. Коечный фонд современного Санкт-Петербурга
Fig. 2. The bed stock of modern Saint Petersburg

годы правления Петра I. Была создана правовая база развития аптечного дела и организации деятельности аптек, появляются первые военные госпитали. Первая придворная аптека в 1704 г. была организована на территории Петропавловской крепости, она была связана с Аптекарским садом (огородом), находившимся на территории современного Ботанического сада. Территории таких садов располагали максимально близко к воде, так как функционально объекты предназначались для выращивания лекарственных трав. В этот же период в Петербурге была образована Комиссия Строений, которая занялась строительным контролем. В градостроительную деятельность стало активно внедряться предварительное составление генеральных планов городов.

Однако в целом как системная инфраструктурная составляющая медицинского обеспечения не находит отражения в городских проектах развития.

В 1719 г. вместо Аптекарского Приказа учреждена Медицинская Канцелярия – высший орган медицинского управления России. Графические сведения планировочной организации первых медицинских объектов не сохранились – постройки были деревянными, большинство неоднократно сносили и перестраивали. Их планировочная организация имела простую ортогональную структуру, состоящую из нескольких рядов деревянных построек барачного типа. Появились первые медицинские учебные заведения, которые носили название госпитальных школ. В первой половине XVIII в. такие школы располагались

при военных госпиталях. При каждой школе имелся анатомический театр с музеем, аптекарский огород, учебная аптека и библиотека. В 1720-х гг. появляется первый крупный медицинский объект – Военно-Сухопутный и Адмиралтейский госпиталь, формирующий берег Невы и являющийся первым крупным военно-медицинским образованием города, задавшим характер и масштаб застройки на Выборгской стороне города. Госпиталь представлял собой четкую ортогональную структуру павильонного типа со строчной застройкой и четким делением земельных участков. Первые госпитали и аптеки имели централизованную систему размещения – вокруг доминантных объектов, связанных с военной сферой и государственным управлением. В этой системе отсутствует привязка инфраструктуры к расселению свободного населения, основные потребители услуг – это военные, флот, двор, чиновники различных ведомств.

1730–1896 гг. – период формирования первых общегородских гражданских медицинских объектов. В середине XVIII в. создаются первые большие гражданские больницы. В основе их функционирования использовался принцип общедоступности врачебной помощи. Обуховская больница (1789) считается первой полноценной больницей в городе. Изначально она состояла из шести деревянных барачных корпусов на 60 коек. К 1866 г. численность койко-мест в ней уже 800. Население Петербурга составляло более 500 тыс. жителей. В середине XVIII в. была построена Калинкинская больница. Размещение общедоступных Калинкинской и Обуховской больниц на юге Петербурга вдоль набережной р. Фонтанки было связано с развитием периферийных территорий города с формированием производственных территорий и развивающейся вокруг них жилой застройкой. Планировочные подходы к размещению первых гражданских больниц второй половины XVIII в. следовали геометрической обособленности, высокой доступности к водным ресурсам города, размещению в периферийных зонах – зонах со сформированной планировочной организацией местности. Необходимо отметить, что заранее установленных планов по размещению объектов не было. Во второй половине XVIII в. застройка стала регламентироваться по этажности, по высоте. Проекты Комиссии о каменном строении, в которых предусматривалось создание главных улиц и площадей-ансамблей, увеличение плотности и этажности застройки, переход к трех-, четырехэтажной застройке, являлись косвенными градоформирующими предпосылками для возникновения будущих объектов медицинской сферы как важных элементов градостроительного ансамбля города.

Отметим, что все лечебные учреждения делились на три категории: военные госпитали и ведомствен-

ные больницы, которые обслуживали военнотружущих и чиновников; больницы, содержащиеся на средства благотворительных обществ; специальные «больницы для бедных», предназначенные для лечения основной малоимущей массы населения [10].

К 1896 г. в Петербурге было около 50 действующих медицинских учреждений, а население составляло 1264 тыс. чел. согласно переписи населения 1897 г.

Периферийное размещение медицинских объектов в Санкт-Петербурге в XVIII в. становится одной из составляющих экстенсивного развития территории – создания городского и регионального планировочного каркаса и формирования первичной городской ткани на новых и осваиваемых территориях. Размещение объектов происходило с учетом природных и демографических факторов. Прослеживается связь с размещением заводских территорий и зон компактного проживания занятого на них населения. Однако в целом игнорировались социально-экономические и санитарно-эпидемиологические аспекты. Каждый крупный медицинский объект формируется как отдельный градостроительный ансамбль, влияющий на окружающую городскую среду. Отдельные законодательные положения или нормы, касающиеся планирования и размещения объектов медицинской инфраструктуры, отсутствовали, их развитие происходило исключительно на основе нормативов общего характера, касающихся застройки в целом.

Период 1896–1917 гг. Из-за демографического роста населения, связанного с активным территориальным ростом Петербурга, как в периферийной части, так и в городском ядре в результате повышения плотности населения возникала острая потребность в стационарных медицинских заведениях и учреждениях специализированного назначения. Эпидемии усилили эту ситуацию. Появляется представление о потребностях обеспечения медицинской инфраструктурой населения в разных частях города. Больницы формируются на периферийных территориях вблизи рабочих окраин. Однако отдельные объекты возникают и в центральной части города, как, например, Мариинская больница (1803–1805). В 1880-х гг. была построена барачная больница им. С.П. Боткина – первое в России специализированное лечебное учреждение. Больница состояла из 22 барачных корпусов. Также были построены Петропавловская больница, больница Марии Магдалины, Александровская больница в память 19 февраля 1861 г. Сохранялись принципы размещения объектов на городской периферии и высокая типизация медицинских учреждений. Согласно С.В. Семенцову «главными критериями формирования среды стали градостроительно-композиционные качества – все объекты стремились преобразовывать и проектировать по принципам ансамблевости» [11].

На рубеже XIX–XX вв. объемы строительства в городе по сравнению с 1820-ми гг. увеличились более чем в 20 раз. Возникла система крупных ансамблей рядовой застройки, модернизировались регламенты: максимальная высота зданий повышена с 3 до 5–6 этажей. Создавались сети городского водоснабжения и канализации. Все эти факторы в тесной взаимосвязи совершенствовали систему размещения объектов здравоохранения. К 1913 г. Петроградская городская дума имела в своем распоряжении только 13 городских больниц на 14665 коек, население составляло 2124 тыс. человек, т. е. 6,9 места на 1 тыс. жителей. Малодоступной оставалась амбулаторная помощь. В Петербурге существовали единичные коммунальные амбулатории при больницах и амбулатории больничных касс, которые не могли обеспечить потребностей растущего города. Частнопрактикующие врачи были доступны только отдельным группам населения.

Из-за стремительного демографического роста и урбанизации объекты здравоохранения становятся важными элементами планировочной ткани города. Одновременно началась стадия интенсивной реконструкции городской территории, что создало тенденцию для внесения части крупных медицинских объектов в центр. Это было связано в том числе с повышением плотности населения в центральной части города за счет повышения этажности, появления крупных доходных домов и т. д. С точки зрения административно-организационного управления полноценной системы здравоохранения Российской империи назвать сложно, так как в стране не было единого организующего и руководящего органа. Вся медицинская помощь была сосредоточена в многочисленных ведомствах, общественных и благотворительных организациях. В планировочном отношении размещение объектов все также остается условно бессистемным, нет четкого плана развития и расчетных или нормативных показателей.

Советский период (1917–1991). Первый этап развития медицинской инфраструктуры в рамках нового социального строя определяется 1917–1935 гг. С 1917–1918 гг. началась реорганизация всей системы государственной проектно-строительной деятельности [11]. Появлялись первые организационные структуры, занимавшиеся вопросами коммунального хозяйства, благоустройства, здравоохранения. В Ленинграде было возобновлено действие старой системы градорегулирования, что соответственно также не создавало предпосылок для связей объектного уровня с территориальным. Объектный уровень развивался в части формирования новой системы обслуживания населения в целом. Развивались как система стационаров, так и амбулаторный уровень. В основе размещения амбулаторий был положен принцип плот-

ности населения. Однако на планировочном уровне он не отображался и не фиксировался, т. е. заранее не предусматривались места размещения объектов и т. д. В середине 1920-х гг. город не располагал необходимой лечебной сетью. Многие больницы нуждались в капитальном ремонте и реконструкции, и мест в них не хватало, особенно при вспышках эпидемий. Одним из первых крупных проектов в области медицинской инфраструктуры становится проект реконструкции больницы им. Боткина на 1000 мест 1926 г.

По инициативе руководителя больницы проф. Ивашенцева был организован конкурс и было принято решение о строительстве новой инфекционной больницы на основе постепенной полной реконструкции существующей на том же, несколько расширенном участке. Это позволяло поочередно вводить в строй новые больничные корпуса, не нарушая нормальной работы существующей больницы; при этом количество коек за время строительства почти не сокращалось. Кроме того, представлялось возможным сохранить некоторые здания, выстроенные в более позднее время. Нужно отметить, что процесс реализации растянулся на десять лет. Это пример точечного решения с учетом мнений специалистов на уровне местного руководства характерен для данного периода [12].

В 1931–1935 гг. в Ленинграде было введено в эксплуатацию 1306 тыс. м² жилой площади. Темпы размещения объектов медицинского обслуживания не успевали за таким стремительным ростом.

Период 1935–1948 гг. Генеральный план 1935 г. был задуман и воплощен как модель построения нового социального общества. Предусматривалась необходимость согласования градостроительных работ с планированием в рамках действовавшей экономической модели, вводился единый состав и порядок разработки градостроительных проектов. Однако и на этом этапе решений по планированию и прогнозированию развития системы здравоохранения на уровне пространственного развития или отдельных точечных решений не было. В годы Великой Отечественной войны инфраструктуре системы здравоохранения был причинен существенный ущерб. В соответствии с пятилетним планом восстановления и развития народного хозяйства 1946 г. планировалось расширение сети поликлиник, детских больниц и других лечебно-профилактических учреждений. В целях повышения качества медицинского обслуживания населения Министерство здравоохранения СССР приступило к проведению реформы по объединению больниц и поликлиник. Были определены типовые лечебные учреждения: больница с поликлиникой; больница при промышленном предприятии, входящая в состав медико-санитарной части с поли-

клиникой; детская больница с детской консультацией и детской поликлиникой; родильный дом с женской консультацией; диспансер со стационарным учреждением [13–20]. Однако эта модель также оставалась без фактической привязки к территориальному уровню. Не были определены доступность объектов для жителей и система их совместных пространственных связей. Генеральный план Ленинграда 1948 г. в первую очередь решал задачи восстановления и развития всего города, и хотя в нем рассматривались вопросы здравоохранения, они также не выходили на уровень пространственного планирования.

Послевоенный период восстановления и развития (1948–1966). В 1955 г. было принято постановление ЦК КПСС и СМ СССР «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве», объявившее главной задачей проектировщиков разработку экономичных типовых проектов и конструкций и применение их в строительстве. С этого периода градостроительное развитие периферийных зон Ленинграда состоит в основном из типового инструментария – базового набора из необходимых составляющих селитебной застройки, в которую входят объекты жилищно-коммунальной, транспортной, рекреационной, социально-бытовой и медицинской инфраструктуры (преимущественно амбулаторно-поликлиническое звено). Больничные комплексы, как специализированные, так и скорпомощные, формируются в рамках периферийных селитебных зон, при выборе площадок акцент делается на транспортное обеспечение и расположение в зонах с рекреационными территориями. Появляется концепция доступности для амбулаторно-диспансерного звена и скорпомощных больниц. В генеральном плане 1966 г. отразился ряд положений в сфере строительства и архитектуры, принятых после XX съезда, основная задача которых сводилась к решению жилищной проблемы при комплексном освоении территории, в рамках планировочных элементов, с формированием системы первичного обслуживания с установленными нормативными требованиями к размещению объектов. В то же время система медицинского обслуживания сохраняется как вертикальная иерархическая модель медицинских объектов. На уровне документов городского планирования для отдельных крупных объектов выделяются площадки для их размещения. Это осуществляется на уровне планировочных районов или кварталов.

Период интенсивного роста 1966–1991 гг. После 1970-х гг. система здравоохранения Ленинграда с градостроительной точки зрения не изменилась. Периферийные зоны осваивались преимущественно блоками амбулаторно-поликлинического звена, скорпомощными многопрофильными учреждениями и

специализированными объектами. В этот период по типовым проектам были построены три самые крупные многопрофильные больницы Петербурга, работающие как скорпомощные: 26-я городская больница (1975); Елизаветинская (1982); Александровская (1985). Рассчитаны они были на прием до 350 пациентов в сутки. В основу размещения закладывался принцип расчетной численности населения по районам, а для амбулаторно-поликлинического уровня – доступность. Выбор площадок для больниц с учетом транспортно-рекреационных условий часто создавал соседство объектов между собой с формированием условных медицинских зон.

Современный период (1991 г. – настоящее время). Трансформация общественно-социальной системы привела к изменению подходов к планированию города. Появление частной собственности, формирование систем рыночного регулирования оказали значительное влияние на все процессы, в том числе на развитие медицинской инфраструктуры. Государственная медицина, основанная на бюджетном финансировании, не могла реализовывать крупные проекты, в то время как активно шли процессы пространственного развития города с экспансивным расширением зон жилой застройки; это приводило к дисбалансу всех элементов социальной инфраструктуры. Государственная медицинская система сохранила преемственность советского периода, что потребовало найти баланс между рыночным регулированием и регулированием государственным. Общественные интересы возобладали, однако инструментарий развития инфраструктуры оказался частично утрачен за счет перераспределения собственности на землю. Генеральный план 2005 г. был нацелен на реализацию принципов устойчивого развития, учитывающих экологические, экономические, социальные факторы при сбалансированном развитии города. Объекты медицинской инфраструктуры являются частью общественно-деловой функциональной зоны и не выделяются в отдельную категорию объектов с собственным набором уточняющих нормативно-правовых требований. Фактически реализация значительного числа заявленных проектов остановилась. Из-за отсутствия регламентации размещения и резервирования территориальных ресурсов под размещение объектов здравоохранения развитие медицинской инфраструктуры после распада СССР происходило хаотично и неоднородно. Преимущественно осваиваются незастроенные участки спальных и пригородных районов, где размещаются специализированные учреждения – медицинские комплексы с развитой функционально-планировочной структурой. В рамках задач обеспечения города медицинской инфраструктурой была разработана

отраслевая схема «Об утверждении отраслевой схемы развития и размещения объектов здравоохранения на территории Санкт-Петербурга на период до 2015 года с учетом перспективы до 2025 года», утверждена постановлением правительства Петербурга от 1.07.2008 № 783. Документ устанавливал систему пяти медико-санитарных зон и учитывал развитие каждой самостоятельно. Для своего периода документ был крайне амбициозный и перспективный. Однако отраслевая схема не оказалась закрепленной в генеральном плане, не отражена в ПЗЗ и не закреплена в бюджете. Активные темпы жилищного строительства опережали заложенные в ней объекты, а отсутствие финансирования отложило более 50% заложенных объектов, по остальным сместились сроки. Таким образом, город нуждается в новой системе, которая была бы привязана к пространственному развитию территорий, обеспечивала эти территории медицинской инфраструктурой и создавала предпосылки для устойчивого планирования и развития. Частная медицина только начинает формироваться и доступна ограниченной части населения. Переход частной медицины на частичное использование средств обязательного медицинского страхования (ОМС), появившееся в последнее время, дает толчок к ее будущей интеграции в общегородскую модель обслуживания.

Из-за режимов градостроительного регулирования в границах зон охраны объектов культурного наследия (ОКН), а также с учетом того, что значительное число медицинских объектов в историческом центре являются ОКН, имеются ограниченные возможности развития существующих медицинских объектов в городском центре.

Согласно данным Комитета по строительству, на 1 декабря 2021 г. введено в эксплуатацию более 3 млн м² жилья, в том числе в Приморском районе – 96928,7 м², а в Московском – 46477,7 м² жилья. Коечный фонд системы здравоохранения Санкт-Петербурга на конец 2020 – начало 2021 г. составляет около 16 тыс. койко-мест (рис. 2). В настоящее время, согласно РНПП СПб., п. 1.2.4 «Расчетные показатели обеспеченности и расчетные показатели доступности для объектов нормирования в области здравоохранения» обеспеченность населения Санкт-Петербурга объектами здравоохранения рассчитывается исходя из показателя 9 койко-мест на 1 тыс. человек. Ситуация с пандемией COVID-19 в городе показала неэффективность системы здравоохранения Санкт-Петербурга на пространственно-планировочном уровне; для эффективной работы требуются новые объекты на всех уровнях; необходимо вырабатывать новые модели организационно-пространственной работы медицинской

отрасли в городе. Это возможно сделать только на совместном уровне, где медики, планировщики, социологи и экономисты будут осуществлять выработку подобной концепции.

В России в настоящее время данной проблемой занимается целый ряд междисциплинарных исследователей [10–14; 18–20].

Выводы

Эволюционное развитие системы здравоохранения Петербурга, показывает, что система пространственного развития медицинских объектов как системный уровень на ранних этапах планирования проявлялась в виде отдельных локальных функциональных элементов. В полной мере система сформировалась в советский послевоенный период в рамках многоступенчатой системы медицинского обеспечения. Система базируется на принципах централизованного государственного планирования и не позволяет учитывать в полной мере динамическое развитие современного города. Развитие системы медицинского обеспечения города основано на моделях советского периода и не позволяет учитывать рыночные процессы развития жилой застройки, которая связана с интенсивным приростом населения. В то же время эволюционная преемственность системы здравоохранения Санкт-Петербурга выявила закономерности градостроительного становления и развития города в единстве с формированием системы управления градостроительными процессами и градостроительного законодательства. Выявлено значение медицинских объектов как композиционных центров застройки.

Переход с объектного уровня, который практикуется при размещении медицинских объектов, на территориальный неправомерен. Необходимо идти от развития территории к размещению на ней необходимых для ее функционирования объектов инфраструктуры. Требуется определить в рамках медицинского сообщества и при участии всех групп специалистов базовую систему медицинской инфраструктуры, ее связи и принципы взаимодействия и закладывать эти данные во все виды градостроительной документации как элементы инфраструктурного обслуживания в рамках выделяемых пространственно-территориальных элементов города. Медико-санитарные зоны нужно привязывать к пространственной организации города. Разделение системы здравоохранения Петербурга на группы в рамках территориально-пространственных единиц подразумевает разработку регламентов, градостроительных ограничений, уточнение статуса функциональных и территориальных зон.

При этом в рамках пространственного развития необходимо учитывать формирующиеся новые эле-

менты медицинской инфраструктуры, такие как медицинские кластеры (комплекс НМИЦ им. В.А. Алмазова, включающий широкий спектр объектов, от исследовательских до образовательных; группа объектов в п. Песочный, включающая в том числе НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова; РНХЦТ им. А.М. Гранова и др.; комплекс 40-й больницы в Курортном районе Санкт-Петербурга и ряд других объектов). Необходимо предусматривать возможности для создания на их базе в дальнейшем медицинских районов. Отдельно необходимо рассматривать развитие новых организационно-пространственных форм развития медицинской инфраструктуры в структуре города и их связь с развитием общегородской медицинской инфраструктуры. В текущем периоде можно выделить предпосылки для формирования крупных медицинских кластеров, которые могли бы стать

основой для эффективного функционирования выделенных медико-санитарных зон, границы которых в связи с ростом города и развитием периферийных районов требуют уточнения и привязки к генеральному плану.

Отдельной задачей является развитие медицинской инфраструктуры в рамках стратегии преобразования исторического центра; необходимо предусматривать, как будут развиваться больницы или иные элементы, расположенные в объектах культурного наследия, исторических зданиях и зонах охраны, где имеются серьезные ограничения по их функционированию, развитию и совершенствованию. Соответственно было бы желательно уже сейчас резервировать территории для последующего формирования объектов медицинской инфраструктуры для обслуживания центра города в зоне «серого пояса».

Список литературы

1. Julie Brown, Austin Barber. Social infrastructure and sustainable urban communities // *Engineering Sustainability*. Vol. 165. Iss. 1. March 2012, pp. 99–110. <https://doi.org/10.1680/ensu.2012.165.1.99>.
2. Harry H.X. Wang, Jia Ji Wang, Samuel Y.S. Wong, Martin C.S. Wong, Stewart W. Mercer, Sian M. Griffiths. The development of urban community health centers for strengthening primary care in China: a systematic literature review // *British Medical Bulletin*. Vol. 116, Iss. 1, December 2015, pp. 139–154.
3. Silvis J. Designing for wellness: the healthcare campus of the future // *Healthcare Design Magazine: научный интернет-журнал*. 2014. URL: <https://healthcaredesignmagazine.com/trends/architecture/designing-wellness-healthcare-campus-future/> (дата обращения: 18.02.2022).
4. Alkan B. A vision and planning framework for health districts of the future // *Perkins+Will: научный электрон. журн.* 2014. Vol. 06.02, pp. 57–70. <https://perkinswill.com/research-journal-vol-06-02/> (дата обращения 18.02.2022).
5. Burkey M., Bhadury J., Eiselt H. A location-based comparison of health care services in four U.S. states with efficiency and equity // *Socio-economic planning sciences: the international journal of public sector of decision-making*. 2010. 46, pp. 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.01.002>.
6. Niamh Macdonald. The new hospitals building the future of health infrastructure // *Hospital Times*. August. 2021. <https://www.hospitaltimes.co.uk/the-new-hospitals-building-the-future-of-health-infrastructure/>.
7. Xinyao Song, Mengqiu Cao, Keyu Zhai, Xing Gao, Meiling Wu, Tianren Yang. The effects of spatial

References

1. Julie Brown, Austin Barber. Social infrastructure and sustainable urban communities. *Engineering Sustainability*. 2012. March. Vol. 165. Iss. 1, pp. 99–110. <https://doi.org/10.1680/ensu.2012.165.1.99>
2. Harry H.X. Wang, Jia Ji Wang, Samuel Y.S. Wong, Martin C.S. Wong, Stewart W. Mercer, Sian M. Griffiths. The development of urban community health centers for strengthening primary care in China: a systematic literature review. *British Medical Bulletin*. 2015. December. Vol. 116, Iss. 1, pp. 139–154.
3. Silvis J. Designing for wellness: the healthcare campus of the future. *Healthcare Design Magazine*. 2014. URL: <https://healthcaredesignmagazine.com/trends/architecture/designing-wellness-healthcare-campus-future/>
4. Alkan B. A vision and planning framework for health districts of the future. *Perkins+Will*. 2014. Vol. 06.02, pp. 57–70. <https://perkinswill.com/research-journal-vol-06-02/>
5. Burkey M., Bhadury J., Eiselt H. A location-based comparison of health care services in four U.S. states with efficiency and equity. *Socio-economic planning sciences: the international journal of public sector of decision-making*. 2010. 46, pp. 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.01.002>
6. Niamh Macdonald. The new hospitals building the future of health infrastructure. *Hospital Times*. 2021. August. <https://www.hospitaltimes.co.uk/the-new-hospitals-building-the-future-of-health-infrastructure/>
7. Xinyao Song, Mengqiu Cao, Keyu Zhai, Xing Gao, Meiling Wu, Tianren Yang. The effects of spatial planning, well-being, and behavioural changes during and after the COVID-19 pandemic. *Front. Sus-*

- planning, well-being, and behavioural changes during and after the COVID-19 pandemic // *Front. Sustain. Cities*. 25 June 2021. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.686706>.
8. Sadia Afrin, Farhat Jahan Crowdhury, Md. Mostafizur Rahman. COVID-19 pandemic: rethinking strategies for resilient urban design, perceptions, and planning // *Front. Sustain. Cities*. 14 June 2021. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.668263>.
 9. Dalia Elgheznavy, Sara Eltarabily. Post-pandemic cities – the impact of COVID-19 on cities and urban design. *Architecture Research*. 2020. June. 10 (3), pp. 75–84. <http://article.sapub.org/10.5923.j.arch.20201003.02.html>.
 10. Хромов Б.М., Свешников А.В. Здравоохранение Ленинграда. Л., 1969. 206 с.
 11. Семенов С.В. Градостроительное развитие Санкт-Петербурга в 1703–2000-е годы. Дис. ... д-ра архитектуры. СПб., 2007. 66 с.
 12. Гегелло А.И. Из творческого опыта. Возникновение и развитие архитектурного замысла. Л.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. 376 с.
 13. Давыдова Л.О. Новые подходы в проектировании городской застройки // *Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура*. 2012. № 8. С. 16–20.
 14. Закиева Л.Ф. Особенности формирования специализированных территориальных кластеров в крупногородских агломерациях // *Известия КГАСУ*. 2016. № 4 (38). С. 155–161.
 15. Планы С. Петербурга в 1700, 1705, 1725, 1738, 1756, 1777, 1799, 1840 и 1849 годах, с приложением планов 13 частей столицы 1853 года. Сост. Н. Цыловым. СПб.: Тип. Штаба Отдельного Корпуса Внутренней Стражи, 1853. 63 с.
 16. Врачебные, санитарные и благотворительные учреждения С.-Петербурга. СПб.: Издание С.-Петербургского Городского Общественного Управления, 1897. 101 с.
 17. Планы, объясняющие постепенное распространение Санкт-Петербурга. СПб.: Мин-во внутренних дел, 1836. [3] с., [8] л.
 18. Гуркина Н.К. Санкт-Петербург: градостроительство и архитектура 1703–1917 гг. СПб.: СПбГУАП, 2001. 72 с.
 19. Бердникова Е.Ф. Развитие кластеров медицинских инноваций // *Вестник Казанского технологического университета*. 2013. № 7. С. 294–298.
 20. Шишкин С.В. Российское здравоохранение в новых экономических условиях: вызовы и перспективы. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2017. 84 с.
 21. *Cities*. 25 June 2021. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.686706>
 8. Sadia Afrin, Farhat Jahan Crowdhury, Md. Mostafizur Rahman. COVID-19 pandemic: rethinking strategies for resilient urban design, perceptions, and planning. *Front. Sustain. Cities*. 14 June 2021. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.668263>
 9. Dalia Elgheznavy, Sara Eltarabily. Post-pandemic cities – the impact of COVID-19 on cities and urban design. *Architecture Research*. 2020. June. 10 (3), pp. 75–84. <http://article.sapub.org/10.5923.j.arch.20201003.02.html>
 10. Khromov B.M., Sveshnikov A.V. Leningrad healthcare. Leningrad, 1969. 206 p.
 11. Sementsov S.V. Urban development of St. Petersburg in the 1703–2000. Diss... Doctor of Sciences. (Engineering). Sankt-Peterburg, 2007. 66 p. (In Russian).
 12. Gegello A.I. Iz tvorcheskogo opyta: Vozniknovenie i razvitie arkhitekturnogo zamysla [From creative experience. The emergence and development of architectural design]. Leningrad: SPBGASU, 1962. 376 p.
 13. Davydova L.O. New approaches in the design of urban development. *Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arkhitektura*. 2012. No. 8, pp. 16–20. (In Russian).
 14. Zakieva L.F. Features of the formation of specialized territorial clusters in large-city agglomerations. *Izvestiya KGASU*. 2016. No. 4 (38), pp. 155–161. (In Russian).
 15. Plany S.Peterburga v 1700, 1705, 1725, 1738, 1756, 1777, 1799, 1840 i 1849 godakh, s prilozheniem planov 13 chastei stolitsy 1853 goda [Plans of St. Petersburg in 1700, 1705, 1725, 1738, 1756, 1777, 1799, 1840 and in 1849, with the application of plans for 13 parts of the capital 1853]. Comp. N. Tsylov. Saint Petersburg, 1853. 63 p.
 16. Vrachebnye, sanitarnye i blagotvoritel'nye uchrezhdeniya S.-Peterburga [Medical, sanitary and charitable institutions of St. Petersburg]. Saint Petersburg, 1897. 101 p.
 17. Plany, ob"yasnyayushchie postepennoe rasprostranenie Sankt-Peterburga [Plans explaining the gradual spread of St. Petersburg]. Saint Petersburg: Ministry of Internal Affairs, 1836. [3] p., [8] l.
 18. Gurkina N.K. Sankt-Peterburg: gradostroitel'stvo i arkhitektura 1703–1917 gg. [St. Petersburg: urban planning and architecture 1703–1917]. Saint Petersburg: SPbGUAP, 2001. 72 p.
 19. Berdnikova E.F. Development of clusters of medical innovations. *Vestnik Kazanskogo Tehnologicheskogo Universiteta*. 2013. No. 7, pp. 294–298. (In Russian).
 20. Shishkin S.V. Rossiiskoe zdravookhranenie v novykh ekonomicheskikh usloviyakh: vyzovy i perspektivy [Russian healthcare in new economic conditions: challenges and prospects]. Moscow: Izdat. house of the Higher School of Economics, 2017. 84 p.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

«Проектирование оснований, фундаментов и подземных сооружений»

Учебное и практическое пособие под редакцией чл.-корр. РААСН, д-ра техн. наук, проф. Р. А. Мангушева

Авторы: д-р техн. наук Р.А. Мангушев,
канд. техн. наук А.И. Осокин,
канд. техн. наук В.В. Конюшков,
канд. техн. наук И.П. Дьяконов,
канд. техн. наук С.В. Ланько.

Пособие выпущено под грифом рекомендации Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН).

Данное пособие является дополнением к ранее изданным базовым учебникам «Механика грунтов» (2019) и «Основания и фундаменты» (2020). Авторы д-ра техн. наук, проф. Р.А. Мангушев и И.И. Сахаров.

Разработанное пособие является не только учебным изданием, но и практическим руководством для инженеров-строителей, так как охватывает вопросы проектирования основных типов оснований, фундаментов и подземных частей гражданских зданий и сооружений. Особое внимание уделено расчетам различного типа фундаментов, изготовленным по современным отечественным и зарубежным технологиям, а также конструктивным и технологическим методам устройства котлованов. Учтены особенности устройства фундаментов высотных зданий, влияния технологических осадок, рассмотрены численные методы, используемые при геотехнических расчетах. Особенностью книги является наличие большого количества расчетных примеров по различным типам оснований и фундаментов.

Издание рекомендовано для использования при подготовке бакалавров и специалистов.



МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Авторы: А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин, С.Г. Богов, В.А. Шашкин, М.А. Шашкин
(практическое руководство под редакцией д.г.-м.н. Шашкина А.Г.)

Санкт-Петербург: Георекострукция, 2021. 640 с.

В монографии раскрывается содержание мониторинга механической безопасности при новом строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений. Показывается значение мониторинга не только как средства контроля за сохранностью городской застройки, но и как профилактического средства, позволяющего своевременно обнаружить и диагностировать негативные тенденции и принять адекватные меры по нормализации технического состояния сооружения. Отмечается необходимость построения мониторинга как интерактивного процесса, базирующегося на компьютерной модели взаимодействия сооружения и основания. Это позволяет корректно интерпретировать результаты мониторинга, а также выполнять обратные расчеты для совершенствования исходных расчетных схем и физических моделей материалов и грунтов.

По вопросам приобретения обращайтесь:
E-mail: georeconstruction@gmail.com
WWW: geo-bookstore.ru



Учебное пособие «Промышленное и гражданское строительство. Введение в профессию»

Авторы: Грызлов В.С., Ворожбянов В.Н., Гендлина Ю.Б., Залипаева О.А., Каптюшина А.Г.,
Медведева Н.В., Петровская А.А., Поварова О.А., Чорная Т.Н.

Научный редактор – д-р техн. наук, проф. В.С. Грызлов

Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 276 с.

Дана общая характеристика профессии строитель. Приведены сведения из истории развития строительной отрасли. Предложено краткое описание видов строительной продукции, особенностей проектирования строительных объектов, технологии и порядка организации возведения зданий и сооружений; раскрыты вопросы менеджмента в строительстве. Подчеркнута важность строительной науки и цифровизации строительной деятельности. Отдельная глава посвящена особенностям организации инженерно-строительного обучения. Для студентов бакалавриата, начавших обучение по направлению «Строительство». Может быть использовано для профориентационной работы с выпускниками школ.

По вопросам приобретения обращайтесь в издательство «Инфра-Инженерия»



УДК 693.94

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-66-71>

А.Г. ЧЕРНЫХ, д-р техн. наук (chagrig@lan.spbgasu.ru),
Д.И. КОРОЛЬКОВ, инженер (аспирант) (korol9520@yandex.ru),
Е.В. ДАНИЛОВ, канд. техн. наук (sleepme@mail.ru),
Т.Н. КАЗАКЕВИЧ, канд. техн. наук (kazakevich.t.n@lan.spbgasu.ru),
П.С. КОВАЛЬ, канд. техн. наук (pkoval@lan.spbgasu.ru)

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

Оценка остаточного ресурса деревянных конструкций по величине физического износа

Представлена уточненная методика оценки гамма-процентного ресурса по величине физического износа деревянных конструкций. Установлена связь относительной надежности и физического износа, установлена шкала интервалов для определения категории технического состояния. Введена детализированная градация дефектов и повреждений деревянных конструкций с интервалом физического износа не более 5%. Приведен пример такой таблицы для стен здания с использованием клееных конструкций. Использование разработанной методики дает возможность более корректного определения остаточного ресурса и срока службы деревянных конструкций.

Ключевые слова: остаточный ресурс, деревянные конструкции, гамма-процентный ресурс, физический износ, категория технического состояния, относительная надежность.

Для цитирования: Черных А.Г., Корольков Д.И., Данилов Е.В., Казакевич Т.Н., Коваль П.С. Оценка гамма-процентного ресурса деревянных конструкций по величине физического износа // *Жилищное строительство*. 2022. № 4. С. 66–71. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-66-71>

A.G. CHERNYKH, Doctor of Sciences (Engineering) (chagrig@lan.spbgasu.ru),
D.I. KOROLKOV, Engineer (Post-graduate student) (korol9520@yandex.ru),
E.V. DANILOV, Candidate of Sciences (Engineering) (sleepme@mail.ru),
T.N. KAZAKEVICH, Candidate of Sciences (Engineering) (kazakevich.t.n@lan.spbgasu.ru),
P.S. KOVAL, Candidate of Sciences (Engineering) (pkoval@lan.spbgasu.ru)
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
(4, Vtoraya Krasnoarmeiskaya Street, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation)

Estimation of the Residual Resource of Wooden Structures by the Amount of Physical Wear

In this article, the author proposes a refined method for assessing the gamma-percentage resource by the amount of physical wear of wooden structures. The relationship between relative reliability and physical wear and tear has been established, and a scale of intervals has been proposed to determine the category of technical condition. It is proposed to introduce a detailed gradation of defects and damage to wooden structures, with an interval of physical wear of no more than 5%. An example of such a table for the walls of a building using glued structures is given. The use of the developed methodology makes it possible to more correctly determine the residual resource and service life of wooden structures.

Keywords: residual resource, wooden structures, gamma-percentage resource, physical wear, category of technical condition, relative reliability.

For citation: Chernykh A.G., Korolkov D.I., Danilov E.V., Kazakevich T.N., Koval P.S. Assessment of the gamma-percentage resource of wooden structures by the amount of physical wear. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2022. No. 4, pp. 66–71. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-4-66-71>

Определение физического износа является важной задачей при оценке срока службы деревянных конструкций до капитального ремонта и оценке их остаточного ресурса. Особенностью расчета показателей долговечности по физическому износу является то, что учитывается совместное воздействие на работоспособное состояние конструкций различных факторов. Широкое распространение среди специалистов, занимающихся обследованием, получил

экспертный метод определения физического износа по техническому состоянию на основании имеющихся дефектов и повреждений конструкций. При его применении в оценочной практике руководствуются таблицами с определителями возможных дефектов, которые представлены в различных нормативных и справочных документах. Недостатком такого подхода является субъективность и неточность оценки деградации свойств конструкций во времени, поскольку

ку значения физического износа для определенной группы дефектов и повреждений принимаются в виде широкого интервала от 10 до 20%. Результаты обследования часто бывают спорными, а для новых строительных материалов на основе древесины проблематичными, так как отсутствуют утвержденные определители дефектов.

Самым распространенным методом расчета остаточного ресурса является метод определения гамма-процентного ресурса [1, 2] на основании проведенного обследования и присвоения по его результатам категории технического состояния. Причина его повсеместного применения заключается в доступности. Каждой категории технического состояния соответствует определенное значение вероятности относительной надежности. Назначение категории технического состояния может производиться по величине физического износа, при этом определенному интервалу физического износа соотносится определенная категория технического состояния конструкций [3]. Таким образом, каждому конкретному интервалу физического износа можно соотнести и определенное значение вероятности относительной надежности (табл. 1).

Проблема применения такого подхода заключается в том, что в данном случае не учитывается влияние конкретной величины физического износа на гамма-процентный ресурс. Это может привести к неверным и противоречивым результатам определения остаточного ресурса. Например, если при периодическом обследовании раз в пять лет фиксируется увеличение физического износа на 1% и назначается категория технического состояния как работоспособная, то согласно методике [2] величина гамма-процентного ресурса, наоборот, увеличивалась бы с каждым периодом обследованием.

Также при переходе от работоспособной к ограниченно-работоспособной категории технического состояния происходит резкий скачок значения гамма-процентного ресурса. Аналогично и для других категорий технического состояния конструкций. Устранение этих проблем является важной задачей для корректного расчета гамма-процентного ресурса.

Целью исследования явилось совершенствование существующей методики расчета остаточного ресурса по экспоненциальному распределению, установив взаимосвязь относительной надежности и физического износа.

Для достижения поставленной цели предложена зависимость относительной надежности от физического износа в виде уравнения регрессии. Согласно табл. 1 физический износ 0% соответствует относительной надежности 0,99; 20% – 0,95; 40% – 0,85; 70% – 0,7. На основе данных соотношений определены коэффициенты уравнения регрессии. График

Таблица 1
Table 1

Значения относительной надежности и физического износа четырех категорий технического состояния
Values of relative reliability and physical wear and tear of four categories of technical condition

Физический износ, %	Относительная надежность y	Категория технического состояния
0–20	0,99	Нормативная
21–40	0,95	Работоспособная
41–70	0,85	Ограниченно-работоспособная
70 и выше	0,7	Аварийная

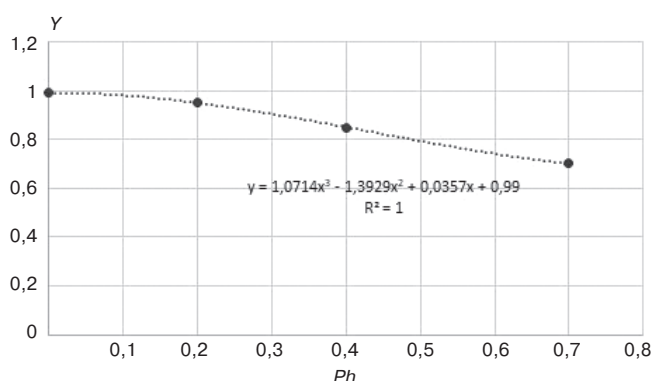


Рис. 1. График зависимости относительной надежности от величины физического износа

Fig. 1. Graph of dependence of relative reliability on the amount of physical wear

зависимости остаточного ресурса Y от физического износа Ph представлен на рис. 1.

Ниже приведена последовательность выполнения расчета гамма-процентного ресурса по величине физического износа:

1. Определение величины физического износа деревянной строительной конструкции.

За рубежом назначение величины износа производится методом экспертных оценок. Специалист, занимающийся обследованием объекта, для каждого выявленного дефекта, повреждения или несоответствия проектной документации или нормативным документам назначает определенное количество баллов. Баллы суммируются. При этом их сумма не может превышать 100 [6].

В России определение величины физического износа осуществляется на основании результатов обследования по таблицам ВСН 53-86(р) [7].

Как отмечается многими исследователями [8–17], сведения в данном документе являются устаревшими и требуют актуализации для определения физического износа применительно к деревянным конструкциям из современных композиционных материалов на основе древесины.

2. По величине износа определяется относительная надежность.

Таблица 2
Table 2
Результаты расчета остаточного ресурса
Results of calculating the residual life

Метод расчета остаточного ресурса	Согласно методике [2]	Усовершенствованный метод, предложенный авторами		
Физический износ Ph	–	0,23	0,26	0,36
Относительная надежность	0,95	0,9355	0,9258	0,8746
Категория технического состояния	Работоспособная			
Постоянная физического износа	0,0021	0,0027	0,0031	0,0054
Срок службы до капитального ремонта	78	60	52	30
Остаточный ресурс до капитального ремонта, лет	53	35	27	5

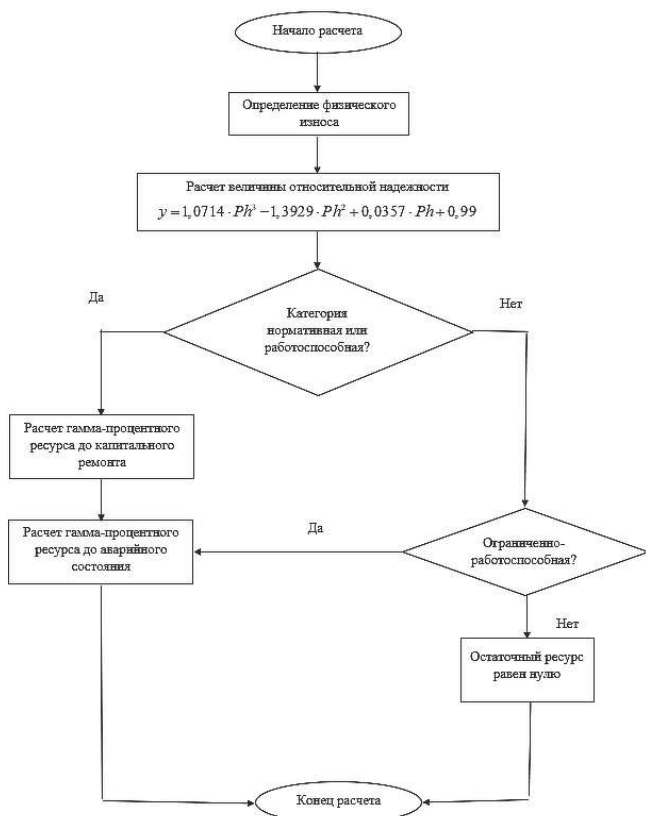


Рис. 2. Блок-схема расчета остаточного ресурса по уточненной методике определения гамма-процентного ресурса

Fig. 2. Block diagram for calculating the residual resource according to the refined method for determining the gamma-percentage resource

Относительная надежность рассчитывается в зависимости от величины установленного физического износа по формуле для четырех категорий:

$$y = 1,0714 \cdot Ph^3 - 1,3929 \cdot Ph^2 + 0,0357 \cdot Ph + 0,99, \quad (1)$$

где y – вероятность относительной надежности; Ph – физический износ.

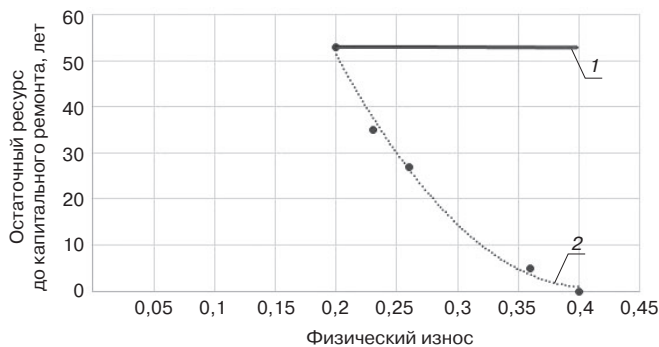


Рис. 3. Результаты расчета остаточного ресурса: 1 – по методике [2]; 2 – по уточненной методике определения гамма-процентного ресурса:

Fig. 3. The results of calculating the residual resource according to: 1 – the methodology [2]; 2 – according to the refined method for determining the gamma-percentage resource

3. Назначение категории технического состояния.

Категория технического состояния назначается в зависимости от величины относительной надежности в следующих интервальных значениях:

- 0,99–0,951 – нормативная;
- 0,95–0,851 – работоспособная;
- 0,85–0,801 – ограниченно-работоспособная;
- 0,8–0,7 – аварийная.

При достижении конструкцией предельного состояния относительная надежность становится менее 0,7 остаточный ресурс в таком случае приравнивается к нулю.

4. Расчет остаточного ресурса.

Расчет выполняется по методу гамма-процентного ресурса до капитального ремонта по формуле:

$$t = \frac{k}{\lambda}, \quad (2)$$

где постоянная физического износа определяется по формуле (3):

$$\lambda = -\frac{\ln y}{t_{\phi}}, \quad (3)$$

где k – показатель, определяемый по формуле:

$$k = \ln y_{min}, \quad (4)$$

y_{min} – минимальное значение относительной надежности, задаваемое при расчете.

В практике расчета остаточного ресурса наиболее часто применяют следующие значения показателя k [2]:

- 0,162 при $y_{min} = 0,85$;
- 0,22 при $y_{min} = 0,8$.

Алгоритм расчета можно представить в виде блок-схемы (рис. 2).

Рассмотрим сравнительный расчет остаточного ресурса по утвержденной методике [2] и разработанному алгоритму.

Допустим, проведено визуальное обследование объекта деревянного домостроения со сроком эксплуатации 25 лет. По результатам выявленных де-

Таблица 3
Table 3

Стены с использованием клееной древесины для элементов каркаса (например, элементы, сращённые по длине, элементы с применением бруса клееного из шпона); наружные и внутренние облицовки могут быть выполнены из фанеры, ОСП, ЦСП, ГСПВ, ГВЛ, ГКП

Walls using glued wood for frame elements (for example, elements spliced along the length, elements using glued veneer lumber), external and internal cladding can be made of plywood, OSB, CSP, GSPV, GVL, GKP

Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %	Примерный состав работ
Мелкие повреждения наружной облицовки щитов. Отклонения от прямолинейности граней панели не более ± 2 мм на 2 м, (п. 5.4.2 ГОСТ 55658–2013)	Повреждения на площади до 5%	0–5	Герметизировать стыки панелей во избежание попадания влаги и изменения геометрических размеров. Панели защитить от биоразрушения путем пропитки растворами биозащитных препаратов
	Повреждения на площади до 10%	6–10	
Мелкие повреждения наружной облицовки щитов. Разбухание, увеличение толщины панели с использованием элементов каркаса панели из клееного бруса, бруса клееного из шпона. Толщина стены изменилась более чем на ± 2 мм (п. 5.3.5 ГОСТ 55658–2013)	Повреждения на площади до 15%	11–15	Заменить пароизоляционный слой в стене со стороны помещения. Обеспечить осушающий режим путем устройства вентиляционных продухов. На «холодной» поверхности утеплителя со стороны воздушной прослойки установить ветрозащиту во избежание выветривания утеплителя
	Повреждения на площади до 20%	16–20	
Незначительный перекося стен. Поражение гнилью нижней части панелей и обвязки, образование щелей в стыках панелей	Повреждения на площади до 25%	21–25	Установить вертикальные связи жесткости. Ремонт нижней обвязки и панелей местами, герметизация стыков между панелями
	Повреждения на площади до 30%	26–30	
Расслаивание элементов каркаса. Заметный перекося стен. Образование щелей в вертикальных стыках между панелями. Неравномерная осадка панелей. Поражение древесины насекомыми, вызвавшее снижение несущей способности	Повреждения на площади до 30% Запас несущей способности не менее 70% от проектного	31–35	Армирование элементов каркаса. Замена нижней обвязки и части панелей местами, укрепление связей между панелями
	Повреждения на площади до 30% Запас несущей способности не менее 50% от проектного	36–40	
Значительный перекося стен. Выпучивание, отклонение от вертикали. Поражение древесины насекомыми, вызвавшее снижение несущей способности	Повреждения на площади до 40% Запас несущей способности не менее 40% от проектного	41–45	Ремонт части панели, замена обвязки и облицовки
	Повреждения на площади до 45% Запас несущей способности не менее 30% от проектного	46–50	
Перекося оконных и дверных проемов. Деформация стен. Поражение древесины насекомыми, вызвавшее снижение несущей способности, увлажнение древесины	Повреждения на площади до 50% Запас несущей способности не менее 20% от проектного	51–55	Замена или переборка отдельных панелей
	Повреждения на площади до 60% Запас несущей способности не менее 20% от проектного	56–60	
Деформация стен, Поражение древесины насекомыми, вызвавшее снижение несущей способности, сырость в помещениях, наличие временных креплений	Повреждения на площади более 60% Запас несущей способности не менее 10% от проектного	61–65	Полная замена панелей
	Несущая способность исчерпана	66–70	

эффектов и повреждений назначена работоспособная категория технического состояния. Относительная надежность для данной категории по таблице Б.1 [2] составляет $\gamma=0,95$.

Для расчета остаточного ресурса установлены следующие значения физического износа в рамках работоспособной категории: 23, 26, 36%.

Результаты расчета остаточного ресурса, согласно методике [2] и по уточненной методике определения гамма-процентного ресурса, представлены в табл. 2 и на рис. 3.

На рис. 3 представлена графическая интерпретация результатов расчета.

На основе представленного примера расчета наглядно показано преимущество предложенного

подхода к расчету гамма-процентного ресурса по сравнению с существующим в настоящее время в методике [2]. Несмотря на то что формально категория технического состояния одна и так же, учет конкретного значения величины физического износа позволяет определить реальную относительную надежность. Это, в свою очередь, позволяет объективнее оценивать остаточный ресурс конструкций.

Как видно из графика (рис. 3), величина физического износа оказывает существенное влияние на значение остаточного ресурса. В этой связи выбор корректного определения физического износа является основой для объективного определения величины остаточного ресурса с учетом функциональных особенностей и условий эксплуатации деревянных конструкций.

Предлагается ввести детализированную градацию дефектов и повреждений деревянных конструк-

ций с интервалом физического износа не более 5%. Пример такой таблицы для стен здания с использованием клееных конструкций представлен в табл. 3.

Использование при обследовании детализированной шкалы определения дефектов и повреждений конструкций позволит существенно повысить достоверность расчета остаточного ресурса. Особенно актуальна разработка актуализированных таблиц по оценке физического износа для конструкций из современных композиционных материалов на основе древесины.

References

1. Rekomendatsii po otsenke nadezhnosti stroitel'nykh konstruktсий zdaniy i sooruzheniy po vneshnim priznakam [Recommendations for assessing the reliability of building structures of buildings and structures by external signs]. Moscow: TsNIIPromzdaniy. 2001. 100 p.
2. Tsapulina A.V., Kokhalo G.N., Zenin S.A., Petrov A.M. Metodika otsenki ostatochnogo resursa nesushchikh konstruktсий zdaniy i sooruzheniy: metodicheskiye rekomendatsii [Methods for assessing the residual life of load-bearing structures of buildings and structures: methodological recommendations]. Moscow: Minstroy, 2018. 50 p.
3. Ibragimov A.M., Semenov A.S. Dependence between physical wear and technical condition of elements of housing stock buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 53–55. (In Russian).
4. Tsukanov V.N. Modified method of life for the calculation of physical wear in the mass assessment. *Voprosy otsenki*. 2013. No. 3 (73), pp. 42–43. (In Russian).
5. Belykh A.V. Methodology for determining the amount of physical deterioration of non-residential buildings for the purposes of mass assessment. *Zhurnal pravovykh i ekonomicheskikh issledovaniy*. 2013. No. 2, pp. 78–86. (In Russian).
6. Colin MacKenzie Timber service life design. Design guide for durability. Technical Design Guide issued by Forest and Wood Products Australia, 2012.
7. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. М., 1988.
8. Хайруллин В.А., Салов А.С., Яковлева Л.А., Валишина В.В. Учет величины физического износа объекта технической эксплуатации при оценке действительной стоимости здания // *Интернет-журнал «Науковедение»*. Т. 7. № 5 (30) DOI: 10.15862/219TVN515.

9. Мищенко В.Я., Головинский П.А., Драпалюк Д.А. Прогнозирование темпов износа жилого фонда на основе мониторинга дефектов строительных конструкций // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура*. 2009. № 4 (16). С. 111–117.
10. Алексеева Е.Л., Хлесткин А.Ю. Изучение закономерностей физического износа несущих конструкций зданий энергетической и химической отраслей // *Наука и безопасность*. 2014. № 4 (13). С. 43–47.
11. Васильев А.А. Анализ существующей оценки физического износа конструкций зданий и сооружений. В сборнике: *OPEN INNOVATION: Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции*. Пенза, 2019. С. 36–38.
12. Тарарушкин Е.В. Применение нечеткой логики для оценки физического износа несущих конструкций зданий // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2016. № 10. С. 77–82. DOI: 10.12737/22032.
13. Гордеева О.Г. Расчетно-экспериментальные методы экспресс-оценки физического износа и остаточного ресурса зданий и сооружений. Дис. ... канд. техн. наук. Новогорск, 2002.
14. Копцева Е.П., Лазарев А.Н. Краткая характеристика существующих методов оценки физического износа судов // *Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. 2014. № 1 (23). С. 49–54.
15. Tamrazyan A.G. The degree of physical depreciation of buildings and structures. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1687. International Conference on Engineering Systems, 2020 14–16 October 2020, Moscow, Russia. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1687/1/012008>
16. Kuripta O.V. et al Automation of calculations of physical deterioration of elements of residential buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1079. Ch. 1. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1079/2/022007>
17. Petrenko L., Manjilevskaja S. Housing operation taking into account obsolescence and physical deterioration. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 262. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017) 21–22 September 2017. Chelyabinsk, Russian Federation DOI: 10.1088/1757-899X/262/1/012077.
9. Mishchenko V.Ya., Golovinsky P.A., Drapalyuk D.A. Forecasting the rate of deterioration of the housing stock based on monitoring defects in building structures. *Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture*. 2009. No. 4 (16), pp. 111–117. (In Russian).
10. Alekseeva E.L., Khlestkin A.Yu. The study of the patterns of physical wear of the load-bearing structures of buildings in the energy and chemical industries. *Nauka i bezopasnost'*. 2014. No. 4 (13), pp. 43–47. (In Russian).
11. Vasiliev A.A. Analysis of the existing assessment of the physical wear of structures of buildings and structures. In the collection: *OPEN INNOVATION collection of articles of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Penza. 2019, pp. 36–38. (In Russian).
12. Tararushkin E.V. Application of fuzzy logic to assess the physical wear of the supporting structures of buildings. *Vestnik of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*. 2016. No. 10, pp. 77–82. DOI: 10.12737/22032 (In Russian).
13. Gordeeva O.G. Calculation and experimental methods for express assessment of physical wear and residual life of buildings and structures. Diss... candidate of sciences (Engineering). Novogorsk, 2002.
14. Koptseva E.P., Lazarev A.N. Brief description of the existing methods for assessing the physical wear of ships. *Vestnik of the State University of the Sea and River Fleet. Admiral S.O. Makarova*. 2014. No. 1 (23), pp. 49–54. (In Russian).
15. Tamrazyan A.G. The degree of physical depreciation of buildings and structures. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1687. International Conference on Engineering Systems, 2020 14–16 October 2020, Moscow, Russia. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1687/1/012008>
16. Kuripta O.V. et al Automation of calculations of physical deterioration of elements of residential buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1079. Ch. 1. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1079/2/022007>
17. Petrenko L., Manjilevskaja S. Housing operation taking into account obsolescence and physical deterioration. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 262. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017) 21–22 September 2017. Chelyabinsk, Russian Federation DOI: 10.1088/1757-899X/262/1/012077.

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до пяти журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Жилищное строительство» для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автором требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНиПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–3 года в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние пять лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

ВНИМАНИЕ! С 1 января 2020 г. изменены требования к оформлению статей. Обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам»!

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом не менее 100 слов на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Жилищное строительство», ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»[®] был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://rifsm.ru/page/7/> или журнала www.journal-hc.ru/index.php/ru/avtoram

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ»

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ СТТ EXPO

25–26
МАЯ 2022

МОСКВА
МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»,
ПАВИЛЬОН 3,
ОТЕЛЬ «АКВАРИУМ»

Организатор конференции



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

10 ЛЕТ 2022

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор
конференции



СИНЕРГО

Спонсоры конференции

MALININ
GROUP



ГеоСпецТехнология

Официальная поддержка



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



Генеральные информационные партнеры



12+

www.fc-union.com,
info@fc-union.com,
+7 (495) 66-55-014,
+7 925 57-57-810

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®

СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ЕЖЕНЕДЕЛЬНИК

Главная выставка строительной
техники и технологий в России

24 — 27 мая 2022

Крокус Экспо, Москва



СТТ
EXPO

Бесплатный билет
по промокоду **MPLDAB**

www.ctt-expo.ru

