ISSN 1995-2511

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

4

2022

ISSN 1995-2511

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

№ 4

Декабрь 2022

Нижний Новгород

ББК 95; я5
П 75
ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 4 (64)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2022. 127 с., 9 л. цв. вклеек.

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77 – 47479 от 25.11.2011 г. Территория распространения – Российская Федерация, зарубежные страны. Языки – русский, английский.

Статьи рецензируются. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

«Приволжский научный журнал» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по группе научных специальностей 2.1 – «Строительство и архитектура».

Главный редактор д-р техн. наук, проф. С. В. СОБОЛЬ
Заместитель главного редактора канд. техн. наук, проф. Д. В. МОНИЧ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

акад. РААСН, д-р арх., проф. Е. А. АХМЕДОВА; чл.-корр. РААСН, проф. В. Н. БОБЫЛЕВ; д-р техн. наук, проф. М. В. БОДРОВ; д-р техн. наук, проф. А. М. БРАГОВ; д-р техн. наук, проф. А. Л. ВАСИЛЬЕВ; д-р биол. наук, проф. Д. Б. ГЕЛАШВИЛИ; акад. РААСН, д-р арх., проф. А. Л. ГЕЛЬФОНД; д-р наук, проф. Р. ГРЭФЕ; засл. деят. науки РФ, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. Л. Н. ГУБАНОВ; д-р техн. наук, проф. А. И. ЕРЕМКИН; акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. Т. ЕРОФЕЕВ; д-р наук, проф. М. ИВЕТИЧ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. Н. И. КАРПЕНКО; д-р физ.-мат. наук, проф. М. М. КОГАН; д-р техн. наук, проф. Д. В. КОЗЛОВ; чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. Н. КУПРИЯНОВ; д-р наук, проф. Ф. НЕСТМАНН; д-р техн. наук, проф. С. И. РОТКОВ; д-р техн. наук, проф. С. В. СТЕПАНОВ; засл. деят. науки РФ, д-р физ.-мат. наук, проф. Р. Г. СТРОНГИН; д-р физ.-мат. наук, проф. А. Н. СУПРУН; д-р техн. наук, проф. В. П. СУЧКОВ; чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. Ю. А. ТАБУНЩИКОВ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТЕЛИЧЕНКО; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТРАВУШ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. С. В. ФЕДОСОВ; д-р техн. наук, проф. М. Н. ЧЕКАРДОВСКИЙ; д-р физ.-мат. наук, проф. Е. В. ЧУПРУНОВ; засл. деят. науки РФ, д-р хим. наук, проф. В. А. ЯБЛОКОВ

Редактор М. А. Коссэ, компьютерная верстка И. К. Красавина,
переводчик Л. Ю. Воронцов, работа со списками литературы Л. Б. Вержиковская

Подписано в печать 20.12.2022 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,11 + вкл. 0,79. Тираж 600 экз. Заказ № 15/22

Адрес издателя и редакции: Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
Тел./факс: (831) 433-04-36 (редакция), (831) 430-19-36 (зам. главного редактора);
эл. почта: md@nngasu.ru (зам. главного редактора), red@nngasu.ru (редакция),
интернет-сайт: www.pnj.nngasu.ru; пнж.ннгасу.рф
Подписной индекс «Урал-Пресс»: 80382. Цена свободная.

Отпечатано в типографии ИП Кузнецов Н. В.
Адрес: Россия, 603057, г. Нижний Новгород, ул. Шорина, д. 13/13, п. 1

ISSN 1995-2511 **© ННГАСУ, 2022**

ISSN 1995-2511

THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL

Scientific periodical

№ 4

December 2022

Nizhny Novgorod

THE PRIVOLZHSKY SCIENTIFIC JOURNAL, № 4 (64)

Scientific periodical. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2022. 127 p., 9 p. of colour illustrations.

Founder & Publisher: The Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU). Registered by the Federal service for supervision of communications, information technology, and mass media. Registration certificate ПИ № ФС77 – 47479 dt. 25.11.2011. Circulation – the Russian Federation, foreign countries. Languages – Russian, English.

This is a peer viewed publication. Copying is not allowed without prior permission of the editors, references to the journal during citing are obligatory.

The Privolzhsky Scientific Journal is included into the list of leading peer viewed journals and publications where basic scientific results of doctoral and candidate dissertations are to be published of scientific specialities 2.1 – "Conctruction and architecture".

Editor-in-chief doctor of technical sciences, professor S. V. SOBOL
Deputy chief editor cand. of tech. sciences, professor D. V. MONICH

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

academician of RAACS, doctor of architecture, professor E. A. AKHMEDOVA; corresponding member of RAACS, professor V. N. BOBYLYOV; doctor of technical sciences, professor M. V. BODROV; doctor of technical sciences, professor A. M. BRAGOV; doctor of technical sciences, professor A. L. VASILIEV; doctor of biological sciences, professor D. B. GELASHVILI; academician of RAACS, doctor of architecture, professor A. L. GELFOND; Ph.D., professor R. GRAEFE; honoured worker of science of RF, corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor L. N. GUBANOV; doctor of technical sciences, professor A. I. EREMKIN; academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. T. EROFEEV; doctor of science, professor M. IVETICH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor N. I. KARPENKO; doctor of physical-mathematical sciences, professor M. M. KOGAN; doctor of technical sciences, professor D. V. KOZLOV; corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. N. KUPRIANOV; Prof. Dr.-Ing. F. NESTMANN; doctor of technical sciences, professor S. I. ROTKOV; doctor of technical sciences, professor S. V. STEPANOV; honoured worker of science of RF, doctor of physical-mathematical sciences, professor R. G. STRONGIN; doctor of physical-mathematical sciences, professor A. N. SUPRUN; doctor of technical sciences, professor V. P. SUCHKOV; corresponding member of RAACS, doctor of technical sciences, professor Yu. A. TABUNSHCHIKOV; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TELICHENKO; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor V. I. TRAVUSH; honoured worker of science of RF, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor S. V. FEDOSOV; doctor of technical sciences, professor M. N. CHEKARDOVSKY; doctor of physical-mathematical sciences, professor E. V. CHUPRUNOV; honoured worker of science of RF, doctor of chemical sciences, professor V. A. YABLOKOV

Editor M. A. Kosse, computer makeup I. K. Krasavina,
translator L. Yu. Vorontsov, literature references L. B. Verzhikovskaya

Signed for publishing on 20.12.2022. Format 70×108/16. Offset paper.
Offset printing. Ref. publ. p. 11,11 + illust. 0,79. Copies 600. Order № 15/22

Publisher's address: 65 Iljinskaya St., 603950, Nizhny Novgorod, Russia.
Tel./fax: +7 (831) 433-04-36 (editors), +7 (831) 430-19-36 (deputy chief editor);
e-mail: md@nngasu.ru (deputy chief editor), red@nngasu.ru (redaction),
web-site: www.pnj.nngasu.ru; пнж.ннгасу.рф
Subscription index "Ural-Press": 80382. Price is unfixed.

Printed in publishing house of Individual entrepreneur Kuznetsov N. V.
Address: of. 1, 13/13, Shorin st., Nizhny Novgorod, 603057, Russia.

ISSN 1995-2511 **© NNGASU, 2022**

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Карпенко Н. И., Корсун В. И., Карпенко С. Н., Анущенко А. М. Критерий прочности бетона при трехосном сжатии 8

Хазов П. А., Ерофеев В. И., Лобов Д. М., Помазов А. П., Ситникова А. К. Экспериментальное исследование расчетных длин и коэффициентов продольного изгиба композитных трубобетонных образцов 16

Яровая Т. С., Антонов А. И., Леденев В. И., Матвеева И. В. Численные методы расчета энергетических характеристик шума в помещениях с массовым пребыванием людей 26

Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Исследования работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, действующие вдоль рядов свай, в программном комплексе “MIDAS GTS NX” 34

Фатеев В. В. Математическое моделирование работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, действующие поперек рядов свай, в программном комплексе “MIDAS GTS NX” 44

Григорьев Ю. С., Фатеев В. В. Причины деформации наружных стен и обрушения части двухэтажного жилого дома 50

Григорьев Ю. С. Лабораторная установка для исследований ползучести и фильтрации в глинистых грунтах 59

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Кюберис Э. А., Васильев А. Л. Исследование фильтрующего материала «МЖФ» для удаления высоких концентраций железа систем водоподготовки 67

Бухман Н. С., Теплых С. Ю., Бухман Л. М. О линейной зависимости времени впитывания скопления жидкости от высоты ее слоя на поверхности почвогрунта 73

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Горшкова Г. Ф. Пространственная эволюция архитектурного человека 79

Агеева Е. Ю., Кудрявцев А. Е. Варианты преобразования неэксплуатируемых промышленных территорий 84

Шумилкин А. С. Научные подходы к сохранению памятников промышленной архитектуры. Опыт нижегородской реставрационной школы 92

Качемцева А. А., Лаврова О. П., Шумилкина Т. В. Нижегородская усадьба В. М. Бурмистровой в графических источниках 96

Почтовая А. В. Общественные пространства в структуре инновационных центров 101

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безверхая Е. П. Архитектура транспортно-пересадочных комплексов: информационные технологии при решении компоновочных задач 106

ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

Информация авторам и читателям «Приволжского научного журнала» 116

80-летие кафедры гидротехнических и транспортных сооружений Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета..... 117

Новые издания..... 119

Перечень требований и условий, предоставляемых для публикации в периодическом научном издании «Приволжский научный журнал»..... 121

НА ОБЛОЖКЕ: г. Нижний Новгород, Канавинский мост через р. Оку. Фото А. А. Смыкова

CONTENTS

BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES

Karpenko N. I., Korsun V. I., Karpenko S. N., Anuschenko A. M. Strength criterion of concrete under triaxial compression..... 8

Khazov P. A., Erofeev V. I., Lobov D. M., Pomazov A. P., Sitnikova A. K. Experimental study of reduced lengths and longitudinal bending coefficients of composite concrete-filled steel tube samples..... 16

Yarovaya T. S., Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V. Numerical methods for calculating energy characteristics of noise in rooms with a mass stay of people..... 26

Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Investigations of the function of tape pile foundations on horizontal loads acting along rows of piles in the software package "MIDAS GTS NX"..... 34

Fateev V. V. Mathematical modeling of the function of tape pile foundations on horizontal loads acting across rows of piles in the software package "MIDAS GTS NX"..... 44

Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Reasons of deformation of external walls and collapse of a part of a two-storey residential building..... 50

Grigorev Yu. S. Laboratory installation for creep and filtration studies in clay soils..... 59

WATER SUPPLY, SEWAGE, CONSTRUCTION SYSTEMS OF WATER RESOURCES PROTECTION

Kyuberis E. A., Vasilev A. L. Investigation of the filter material "MZF" to remove high concentrations of iron of water treatment systems..... 67

Bukhman N. S., Teplykh S. Yu., Bukhman L. M. On the linear dependence of the absorption time of a puddle on its depth..... 73

THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF HISTORIC-ARCHITECTURAL HERITAGE

Gorshkova G. F. Spatial evolution of architectural man 79

Ageeva E. Yu., Kudryavtsev A. E. Renovation options for non-exploited industrial terri tories..... 84

Shumilkin A. S. Scientific approaches to the preservation of monuments of industrial architecture. The experience of the Nizhny Novgorod restoration school..... 92

Kachemtseva A. A., Lavrova O. P., Shumilkina T. V. The Nizhny Novgorod estate of V. M. Burmistrova in graphic sources..... 96

Pochtovaya A. V. Public spaces of innovation centers structure..... 101

ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

Bezverkhaya E. P. Architecture of transport interchange complexes: information technology to solve layout problems..... 106

INFORMATION SECTION

Information to the authors and readers of the Privolzhsky Scientific Journal..... 116

The 80th anniversary of the chair of hydraulic engineering and transport structures of the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering..... 117

New publications..... 119

List of requirements for publication in the scientific periodical "Privolzhsky Scientific Journal" 121

COVER PAGE: Nizhny Novgorod, Kanavinsky bridge over the Oka river. Photo by A. A. Smykov

УДК 624.012.44+691.32

Н. И. КАРПЕНКО, академик РААСН, д-р техн. наук, проф.[1], В. И. КОРСУН, д-р техн. наук, проф.[2], С. Н. КАРПЕНКО, д-р техн. наук[1], А. М. АНУЩЕНКО, аспирант[2]

КРИТЕРИЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИ ТРЕХОСНОМ СЖАТИИ

[1]ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН»
Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21. Тел.: (495) 482-40-18; эл. почта: niisf_lab9@mail.ru
[2]ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. Тел.: +7 (921) 757-82-60, +7 (930) 707-74-24; эл. почта: korsun_vi@mail.ru, aleksander.anusch@yandex.ru
Ключевые слова: бетон, критерии прочности, трехосное сжатие, экспериментальная проверка, рекомендации.

Представлены результаты разработки критерия прочности бетона для железобетонных конструкций, работающих в условиях трехосного сжатия (массивных колонн и ядер жесткости высотных зданий, защитных оболочек АЭС, плотин и др.), представлены его графическое представление и сопоставление с экспериментальными данными.

Для целого ряда особо ответственных конструкций зданий и сооружений характерна работа в условиях неодноосных (двух- и трехосных) напряженных состояний. Отсутствие достоверных критериев прочности бетона для случаев трехосных напряженных состояний является сдерживающим фактором для развития моделей деформирования бетона для общего случая объемного напряженного состояния. Такие общие расчетные модели особенно важны для обеспечения надежных проектных решений как для вновь возводимых объектов, так и для уточнения напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса ранее построенных.

Исходные зависимости для критерия прочности бетона при трехосном сжатии

За основу принят составной критерий прочности бетона при трехосном сжатии [1, 2] с последующим уточнением его соотношений для установления обобщенного критерия прочности.

Критерий прочности строится в главных напряжениях при $\sigma_3 \le \sigma_2 \le \sigma_1 \le 0$; принимается что σ'_3 – предельно допустимые значения напряжений σ_3, с которыми связывается прочность бетона при данном виде трехосного сжатия.

В исходном виде согласно [2], критерий прочности для бетона при трехосном сжатии записывается в следующем виде:

$$\sigma_3 = \sigma'_3 = -k_c R_b + \beta_{\text{П}}\sigma_1, \tag{1}$$

где k_c – функция влияния промежуточного напряжения σ_2 на прочность, определяемая выражением:

$$k_c = 1 + \frac{cR_{bt}}{R_b}\,[1 - d\mu_\sigma - (1-d)\mu_\sigma^3 - e(1-\mu_\sigma)^2], \tag{2}$$

где μ_σ – параметр Лоде-Надаи:

$$\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}. \tag{3}$$

Коэффициенты *c, e, d* принимаются для обычных тяжелых бетонов равными: $c \approx 5$; $e \approx 0{,}44$; $d \approx 0{,}8$.

Параметр $\beta_П$ не является постоянной величиной и описывается согласно [1] дробной функцией следующего вида:

$$\beta_П = \frac{1+a'-a\frac{\sigma_1}{\sigma_3}}{b+(f_2-b)\frac{\sigma_1}{\sigma_3}} = \frac{f_1-a\frac{\sigma_1}{\sigma_3}}{b+(f_2-b)\frac{\sigma_1}{\sigma_3}}, \quad (4)$$

где a, b, f_1, f_2 – параметры материала.

Обобщенный критерий прочности при трехосном сжатии

Параметр $\beta_П$ может быть представлен следующим образом:

$$\beta_П = \frac{f_1 - a\frac{\sigma_1}{\sigma_3}}{b + (f_2 - b)\frac{\sigma_1}{\sigma_3}} = \frac{f_1\sigma_3 - a\sigma_1}{b\sigma_3 + (f_2 - b)\sigma_1}. \quad (5)$$

Обобщенный критерий прочности бетона при трехосном сжатии может быть получен путем подстановки выражения (5) в (1) при $\sigma_3 = \sigma'$:

$$\sigma_3^2\, b + a\sigma_1^2 + \sigma_1\, \sigma_3\, [(f_2 - b) - f_1] + k_c R_b\, b\sigma_3 + (f_2 - b)\, k_c\, R_b\, \sigma_1 = 0. \quad (6)$$

Вводя для компонента критерия (6) обозначения в виде:

$$\left.\begin{aligned} \lambda_1 &= k_c R_b b + \sigma_1[(f_2 - b) - f_1]; \\ \lambda_2 &= a\sigma^2_1 + (f_2 - b)\, k_c\, \sigma_1, \end{aligned}\right\}, \quad (7)$$

получаем следующее решение квадратного уравнения (6):

$$\sigma_3 = \sigma'_3 = \frac{-\lambda_1 - \sqrt{\lambda_1^2 - 4b\lambda_2}}{2b}. \quad (8)$$

Для сопоставления с результатами экспериментальных исследований критерий (6) удобно представлять в относительных величинах напряжений относительно призменной прочности R_b. В результате получаем:

$$\tilde{\sigma}^2_3 b + \tilde{\sigma}_1\tilde{\sigma}_3[(f_2 - b) - f_1] + k_c\tilde{\sigma}_3 b + a\tilde{\sigma}^2_1 + (f_2 - b)\, k_c\tilde{\sigma}_1 = 0, \quad (9)$$

где
$$\tilde{\sigma}_1 = \sigma_1/R_b; \qquad \tilde{\sigma}_3 = \sigma_3/R_b. \quad (10)$$

При этом условия (7), (8):

$$\lambda_1 = k_c\, b + \tilde{\sigma}_1\, [(f_2 - b) - f_1]; \; \lambda_2 = a\tilde{\sigma}^2_1 + (f_2 - b)\, k_c\, \tilde{\sigma}_1. \quad (11)$$

Зависимости (9) – (11) могут быть использованы для подбора параметров *a, b,* f_1, f_2 с целью получения наилучшей сходимости с экспериментальными данными.

Для случаев неравномерного трехосного сжатия ($\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1 < 0$) предлагаются следующие зависимости для параметров материала:

$$f_1 = f_2 = 0{,}5; \quad (12)$$

$$a = -\,0{,}16\, R_b + 0{,}63; \quad (13)$$

$$b = -\,0{,}001\, R_b + 0{,}195. \quad (14)$$

Для случаев трехосного сжатия при равномерном боковом обжатии $\sigma_3 \le (\sigma_1 = \sigma_2) < 0$ для представленных ниже экспериментальных данных наилучшая сходимость достигается при следующих значениях параметров:

$$a = -\,0{,}2; \quad b = 0{,}07. \quad (15)$$

Результаты экспериментальной проверки критерия (9)

Результаты экспериментальных исследований прочности и деформаций бетона в условиях трехосных напряженных состояний, полученные различными авторами, в ряде случаев имеют значительные расхождения вследствие высокой методической сложности такого рода экспериментов.

Для верификации критерия прочности бетона при трехосном сжатии использованы результаты экспериментов, выполненных группой отечественных ученых [3–5], а также данные зарубежных исследователей [6–27], полученные с применением достаточно совершенных методик испытаний.

В исследованиях [3, 5] испытания проводились на кубах с ребром 150 мм. Нагружение образцов выполнялось на специальной испытательной установке, позволяющей создавать высокие уровни сжимающих напряжений и независимое нагружение в трех ортогональных направлениях. Трение на границах контакта между поверхностями образцов и нагружающих штампов устранялось применением специально подобранных конструкций многослойных антифрикционных прокладок. Максимальные значения напряжений бокового сжатия в горизонтальной плоскости составляли 88 МПа.

Экспериментальные данные зарубежных авторов были получены на образцах цилиндрической и кубической форм. В испытаниях [12, 14, 17, 21, 22] образцов-цилиндров боковое обжатие осуществлялось давлением рабочей жидкости. Трение на границах контакта торцевых поверхностей цилиндров и загружающих плит устранялось с помощью антифрикционных прокладок из листов алюминиевой фольги и тефлона [12].

Испытания кубических образцов [10, 20, 21] проводились на установках, обеспечивающих независимое приложение сжимающих усилий по трем ортогональным направлениям. В большинстве случаев снижение влияния контактного трения осуществлялось за счет применения антифрикционных прокладок. В испытаниях [21] контактное трение не устранялось.

Особое внимание привлекают результаты экспериментальных исследований группы французских ученых (*Y. Malecot et al.*) [8, 9, 16, 18, 19, 23] в условиях трехосного сжатия с равномерным боковым обжатием высоких уровней (до 650 МПа). Боковое обжатие цилиндрических образцов диаметром 70 мм и высотой 140 мм создавалось за счет давления рабочей жидкости. Для защиты боковой поверхности образцов-цилиндров от проникновения рабочей жидкости использована многослойная мембрана из латекса.

При анализе все экспериментальные данные были разделены на две группы: для бетонов нормальной прочности классов до B50 и для высокопрочных бетонов классов B60 – B120. Сопоставление экспериментальных данных с расчетными значениями по критерию прочности (9) представлено:

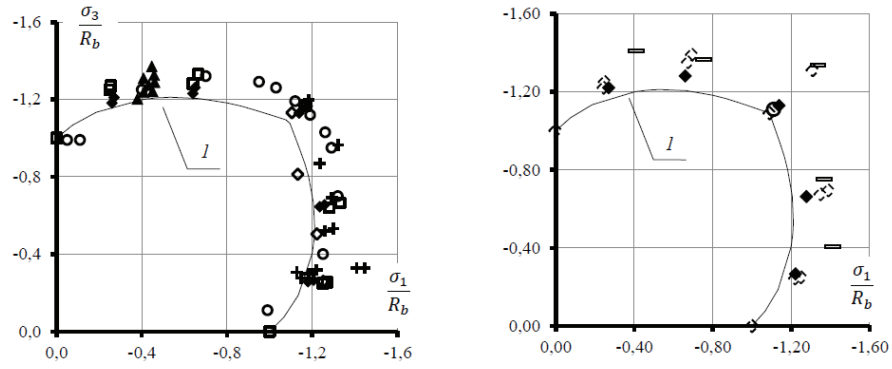
– на рис. 1 – для двухосного сжатия: $\sigma_3 \le \sigma_2 \le (\sigma_1 = 0)$;

– на рис. 2–3 – для трехосного сжатия в условиях равного бокового обжатия: $\sigma_3 \le (\sigma_1 = \sigma_2) < 0$;

– в таблице – для трехосного неравномерного сжатия: $\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1 < 0$.

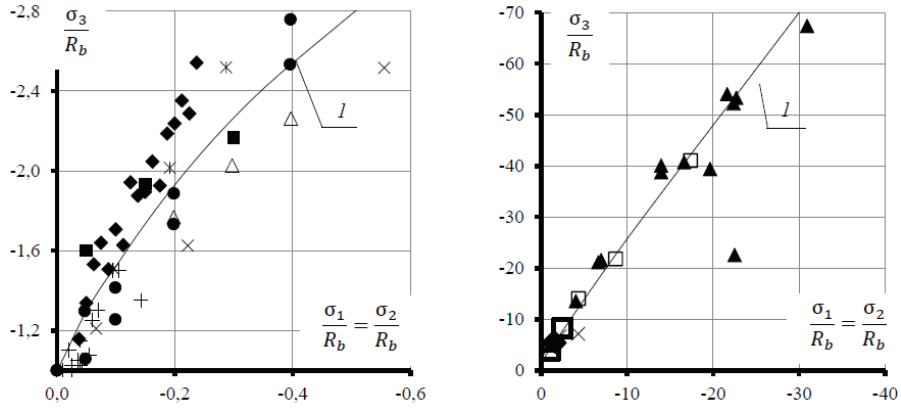
Условные обозначения опытных данных авторов на рис. 1 в экспериментальных исследованиях бетонов в условиях трехосного сжатия:

◆	*H. Kupfer* [5]	▲	Корсун В. И. [5]
□	*S. Lee et al.* [25]	◇	*S. Schroder et al.* [5]
○	*Geel, van H. J. G. M.* [5]	▬	*X. Ren et al.* [26]
✚	Яшин А. В. [4]	◇	*A. Hussein – H. Marzouk* [27]



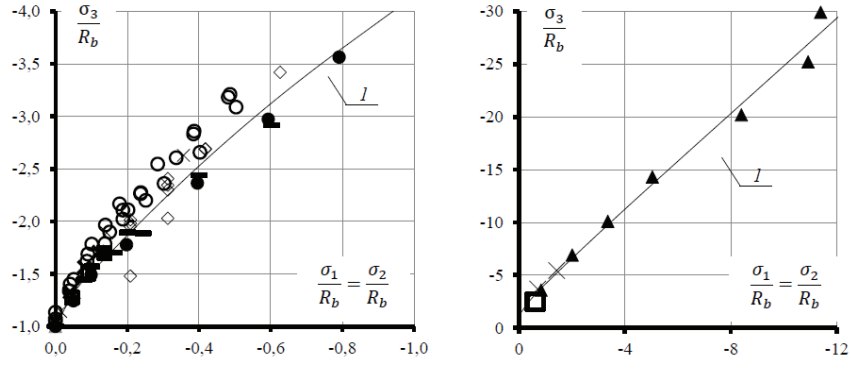
а *б*

Рис. 1. Расчетные и экспериментальные значения прочности бетонов при двухосном сжатии: *а* – для бетонов с R_b = 20–40 МПа; *б* – для бетонов с R_b = 40–100 МПа; *1* – расчетные кривые по формулам (5) – (14)



а *б*

Рис. 2. Расчетные и экспериментальные значения прочности бетонов с R_b = 20–50 МПа при трехосном сжатии: *а* – для низких уровней бокового обжатия $|\sigma_1| = |\sigma_2| \le R_b$; *б* – для высоких уровней бокового обжатия; *1* – расчетные кривые по формулам (5) – (14)



а *б*

Рис. 3. Расчетные и экспериментальные значения прочности бетонов с R_b = 50–130 МПа при трехосном сжатии: *а* – для низких уровней бокового обжатия $|\sigma_1| = |\sigma_2| \le R_b$; *б* – для высоких уровней бокового обжатия; *1* – расчетные кривые по формулам (5) – (14)

Расчетные и экспериментальные значения прочности бетонов в условиях неравномерного трехосного сжатия

σ_1, МПа	σ_2, МПа	σ_3, МПа	R_b, МПа	$(\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3) / \lvert\sigma_3\rvert$	R_{bt}, МПа	μ_σ	k_c	f_1	f_2	a	b	Предельное значение σ_3, МПа / %	
												опытные данные	расчет по (9)
Экспериментальные данные *He – Song* [20]													
-14.36	-38.78	-143.63	60.16	-0.10 : -0.27 : -1	3.58	0.622	1.116	0.5	0.5	-3.296	0.140	-143.63 / 100%	-127.13 / 88.51%
-15.34	-64.43	-153.40	60.16	-0.10 : -0.42 : -1	3.58	0.289	1.161	0.5	0.5	-3.296	0.140	-153.40 / 100%	-132.25 / 86.21%
-15.77	-82.03	-157.74	60.16	-0.10 : -0.52 : -1	3.58	0.067	1.167	0.5	0.5	-3.296	0.140	-157.74 / 100%	-132.95 / 84.29%
-15.25	-117.45	-152.53	60.16	-0.10 : -0.77 : -1	3.58	-0.489	1.131	0.5	0.5	-3.296	0.140	-152.53 / 100%	-128.75 / 84.41%
Экспериментальные данные А. В. Яшина [4]													
-8.05	-37.90	-71.50	36.8	-0.11 : -0.53 : -1	2.58	0.059	1.197	0.5	0.5	0.442	0.163	-71.50 / 100%	-58.92 / 82.40%
-0.65	-38.80	-40.90	41.2	-0.02 : -0.95 : -1	2.78	-0.896	1.094	0.5	0.5	-0.262	0.159	-40.90 / 100%	-47.41 / 115.91%
-0.65	-40.30	-40.40	41.2	-0.02 : -1 : -1	2.78	-0.995	1.082	0.5	0.5	-0.262	0.159	-40.40 / 100%	-46.89 / 116.07%
-3.78	-31.50	-60.90	41.2	-0.06 : -0.52 : -1	2.78	0.029	1.190	0.5	0.5	-0.262	0.159	-60.90 / 100%	-59.64 / 97.93%
-3.85	-31.50	-59.10	41.2	-0.07 : -0.53 : -1	2.78	-0.001	1.189	0.5	0.5	-0.262	0.159	-59.10 / 100%	-60.19 / 101.85%
-3.78	-31.50	-60.00	41.2	-0.06 : -0.53 : -1	2.78	0.014	1.189	0.5	0.5	-0.262	0.159	-60.00 / 100%	-59.80 / 99.67%
-8.87	-40.00	-78.67	41.2	-0.11 : -0.51 : -1	2.78	0.108	1.190	0.5	0.5	-0.262	0.159	-78.67 / 100%	-70.36 / 89.44%
-6.30	-23.00	-76.50	48.6	-0.08 : -0.30 : -1	3.10	0.524	1.144	0.5	0.5	-1.446	0.151	-76.50 / 100%	-77.58 / 101.42%
-6.05	-27.00	-73.00	48.6	-0.08 : -0.37 : -1	3.10	0.374	1.165	0.5	0.5	-1.446	0.151	-73.00 / 100%	-79.39 / 108.76%
-6.60	-24.00	-80.00	48.6	-0.08 : -0.30 : -1	3.10	0.526	1.144	0.5	0.5	-1.446	0.151	-80.00 / 100%	-77.62 / 97.02%
-6.00	-34.50	-76.40	48.6	-0.08 : -0.45 : -1	3.10	0.190	1.178	0.5	0.5	-1.446	0.151	-76.40 / 100%	-78.39 / 102.60%
-5.70	-40.00	-80.40	48.6	-0.07 : -0.50 : -1	3.10	0.082	1.180	0.5	0.5	-1.446	0.151	-80.40 / 100%	-75.72 / 94.18%
-8.40	-39.60	-75.00	48.6	-0.11 : -0.53 : -1	3.10	0.063	1.180	0.5	0.5	-1.446	0.151	-75.00 / 100%	-93.90 / 125.21%

Условные обозначения опытных данных авторов на рис. 2–3 в экспериментальных исследованиях бетонов в условиях трехосного сжатия:

◆	*P. Javanmardi* [22]	□	*T. L. Warren* [15]
■	*D. Sfer et al.* [14]	▲	*Y. Malecot et al.* [8, 9, 16, 18, 19, 23]
△	*Q. Li – F. Ansari* [13]	◇	*X. Lu – C.- T. T. Hsu* [17]
×	*Geel, van H. J. G. M.* [10]	▭	*R. Sovjak et al.* [21]
✳	*D. C. Candappa et al.* [7]	▬	*Z. He – Y. Song* [20]
●	*Imran I. – Pantazopoulou* [12]	▫	*Attard M. M. – Setunge S.* [6]
+	*T. C. Hansen* [5]	○	*J. Xie et al.* [24]
◇	Корсун В. И. – Калмыков Ю. Ю. [3]	◻	Корсун В. И. – Недорезов А. В. [3]

Вывод

Уточненный критерий прочности в форме соотношений (6)–(9) при установленных на основе экспериментальных данных прочностных параметрах материала позволяет с достаточной точностью оценивать прочность обычных и высокопрочных бетонов при различных напряженных состояниях двух- и трехосного сжатия и может быть рекомендован для включения в нормы проектирования.

Работа выполнена в рамках НИР по программе Фундаментальных научных исследований РААСН на 2021–2023 гг. по теме № 3.1.1.5 «Определение критериев прочности и соотношений между напряжениями и деформациями бетонов средней и высокой прочности при трехосном сжатии и его частных случаях».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко, Н. И. Общие модели механики железобетона / Н. И. Карпенко. – Москва : Стройиздат, 1996. – 416 с. – ISBN 5-274-01682-0. – Текст : непосредственный.

2. Карпенко, Н. И. Определение прочности и ориентации площадок разрушения при различных видах объемного напряженного состояния / Н. И. Карпенко, С. Н. Карпенко // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – Volume 11, Issue 4. – 2015. – С. 52–61.

3. Korsun, V. The Influence of the Initial Concrete Strength on its Deformation under Triaxial Compression / Korsun V., Kalmykov Yu., Niedoriezov A., Korsun A. // Procedia Engineering. – 2015. – № 117. – P. 959–969.

4. Рекомендации по определению прочностных и деформационных характеристик бетона при неодноосных напряженных состояниях. – Москва : НИИЖБ, 1985. – 72 с.

5. Корсун, В. И. Сопоставительный анализ критериев прочности бетона / В. И. Корсун, А. В. Недорезов, С. Ю. Макаренко // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2014. – Том 10, № 1. – С. 65–78.

6. Attard, M. M. Stress-strain relationship of confined and unconfined concrete / M. M. Attard, S. Setunge // ACI Mater. J. – 1196. – № 935. – P. 432–442.

7. Candappa, D. C. Complete triaxial stress-strain curves of high-strength concrete / D. C. Candappa, J. G. Sanjayan, S. Setunge. // Coll. Math. J. – 2001. – № 13(3). – P. 209 –215.

8. Dupray, F. A mesoscopic model for the behaviour of concrete under high confinement / F. Dupray, Y. Malecot, L. Daudeville, E. Buzaud // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. – 2009. – № 33. – P. 1407–1423.

9. Gabet, T. Triaxial behaviour of concrete under high stresses: Influence of the loading path on compaction and limit states / T. Gabet, Y. Malecot, L. Daudeville // Cement and Concrete Research. – 2007. – № 38(3). – P. 403–412.

10. Geel, van H. J. G. M. Concrete behaviour in multiaxial compression: experimental research / Geel, H. J. G. M. van Geel // Technische Universiteit Eindhoven. – 1998. – P. 178.

11. Hansen, T. C. Triaxial Tests with Concrete and Cement Paste / Danmarks Tekniske Universitet. – Danish : Print Book, 1995. – P. 53. – ISBN 87-7740-156–5.

12. Imran, I. Experimental study of plain concrete under triaxial stress / I. Imran, S. J. Pantazopoulou // ACI Mater. J. – 1996. – № 936. – P. 589–601.

13. Li, Q. "Mechanics of damage and constitutive relationships for high-strength concrete in triaxial compression" / Q. Li, F. Ansari // J. Eng. Mech. – 1999. – Vol. 125, № 1. – P. 1–10. – URL: [http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9399(1999)125:1(1)].

14. "Study of the behavior of concrete under triaxial compression" / D. Sfer, I. Carol, R. Gettu, G. Etse // J. Eng. Mech. – 2002. – Vol. 128, № 2. – P. 156–163.

15. Warren, T. L. Penetration into low-strength (23 MPa) concrete: target characterization and simulations / T. L. Warren, A. F. Fossum, D. J. Frew // International Journal of Impact Engineering. – 2004. – № 30. – P. 477–503.

16. Gabet, T. Daudeville. A new experimental technique for the analysis of concrete under high triaxial loading / T. Gabet, X. H. Vu, Y. Malecot, L. J. // Phys. IV France. – 2006. – № 134. – P. 635–640.

17. X. Lu. Behavior of high strength concrete with and without steel fiber reinforcement in triaxial compression / X. Lu, C.-T. T. Hsu // Cement and Concrete Research. – 2006. – № 36. – P. 1679-1685.

18. Experimental analysis of concrete behavior under high confinement: Effect of the saturation ratio / X. H. Vu, Y. Malecot, L. Daudeville, E. Buzaud // International Journal of Solids and Structures. – 2009. – № 46. – P. 1105–1120.

19. Malecot, Y. Unconfined compressive strength is a poor indicator of the high-pressure mechanical response of concrete / Y. Malecot, X. H. Vu, L. Daudeville // DYMAT. – 2009 (2009). – P. 1325–1331.

20. He, Z. Triaxial strength and failure criterion of plain high-strength and high-performance concrete before and after high temperatures / Z. He, Y. Song // Cement and Concrete Research. – 2010. – № 40. – P. 171–178.

21. Sovjak, R. Triaxial compressive strength of ultra high performance concrete / R. Sovjak, F. Vogel, B. Beckmann // ActaPolytechnica. – 2013. – № 53 (6). – P. 901–905.

22. Javanmardi, P. Experimental Study of Triaxial Behavior of Concrete under Lateral Confining Stress / P. Javanmardi // The Open Civil Engineering Journal. – 2017. – № 11. – P. 281–291. – DOI: 10.2174/1874149501711010281.

23. Vy, X. N. Effect of coarse aggregate size and cemen paste volume on concrete behavior under high triaxial compression loading / X. N. Vy, L. Daudeville, Y. Malecot // Construction and Building materials. – 2011. – № 25. – P. 3941–3949.

24. Xie, J. Mechanical properties of three high-strength concretes containing silica fume / J. Xie, A. E. Elwi, J. G. MacGregor // Mater J. – 1995. – Vol. 92, № 2. – P. 135–145.

25. S. Lee, Y. Song, S. Han Biaxial behavior of plain concrete of nuclear containment building / S. Lee, Y. Song, S. Han // Nuclear Engineering and Design. —2004. – № 227. – C. 143–153.

26. Ren, X. Behavior of High-Performance Concrete under Uniaxial and Biaxial Loading / X. Ren, W. Yang, Y. Zhou // ACI Materials Journal. – 2008. – Title № 105-M62. – P. 548–557.

27. Hussein, A. Behavior of High-Strength Concrete under Biaxial Stresses / A. Hussein, H. Marzouk // ACI Materials Journal. – V. 97, № 1. – P. 27–36.

KARPENKO Nikolay Ivanovich, academician of RAACS, doctor of technical sciences, professor[1]; KORSUN Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, professor[2]; KARPENKO Sergey Nikolaevich, doctor of technical sciences[1], ANUSCHENKO Aleksandr Mikhaylovich, postgraduate student[2]

STRENGTH CRITERION OF CONCRETE UNDER TRIAXIAL COMPRESSION

[1]Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
21, Lokomotivny driveway, Moscow, 127238, Russia. Tel.: +7 (495) 482-40-18; e-mail: niisf_lab9@mail.ru
[2]Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University
29, Polytekhnicheskaya St., Saint-Petersburg, 195251, Russia. Tel.: +7 (921) 757-82-60, +7 (930) 707-74-24; e-mail: korsun_vi@mail.ru, aleksander.anusch@yandex.ru
Key words: concrete, strength criteria, triaxial compression, experimental verification, recommendations.

The article presents the results of development of a concrete strength criterion for reinforced concrete structures operating under conditions of triaxial compression such as massive columns and stiffness cores of high-rise buildings, protective shells of nuclear power plants, dams, etc. Its graphical representation and comparison with experimental data are given.

REFERENCES

1. Karpenko N. I. Obschie modeli mekhaniki zhelezobetona [General models of reinforced concrete mechanics]. Moscow : Stroyizdat, 1996, 416 p. – ISBN 5-274-01682-0.

2. Karpenko N. I., Karpenko S. N. Opredelenie prochnosti i orientatsii ploschadok razrusheniya pri razlichnykh vidakh obyomnogo napryazhyonnogo sostoyaniya [Determination of the strength and orientation of fracture sites under various types of volumetric stress rate] / International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. - Volume 11, Issue 4. – 2015. – P. 52–61.

3. Korsun V., Kalmykov Yu., Nedorezov A., Korsun A. The Influence of the Initial Concrete Strength on its Deformation under Triaxial Compression / Procedia Engineering. – 117 (2015). – P. 959-969.

4. Rekomendatsii po opredeleniyu prochnostnykh i deformatsionnykh kharakteristik betona pri neodnoosnykh napryazhyonnykh sostoyaniyakh [Recommendations for determining strength and deformation characteristics of concrete under non-axial stress conditions] – Moscow: NIIZhB, 1985. – 72 p.

5. Korsun V. I., Nedorezov A. V., Makarenko S. Yu. Sopostavitelny analiz kriteriev prochnosti betona [Comparative analysis of concrete strength criteria] / Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Modern Industrial and Civil Construction]. – 2014. Vol. 10. – № 1. – P. 65–78.

6. Attard M. M., Setunge S. Stress-strain relationship of confined and unconfined concrete / ACI Mater. J. – 1196. – № 935. – P. 432–442.

7. Candappa D. C., Sanjayan J. G., Setunge S. Completetriaxial stress-strain curves of high-strength concrete / D.C. Candappa, J.G. Sanjayan, S. Setunge. // Coll. Math. J. – 2001. – № 13(3). – P. 209 –215.

8. Dupray F., Malecot Y., Daudeville L., Buzaud E. A mesoscopic model for the behaviour of concrete under high confinement / International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. – 2009. – № 33. – P. 1407–1423.

9. Gabet T., Malecot Y., Daudeville L. Triaxial behaviour of concrete under high stresses: Influence of the loading path on compaction and limit states / Cement and Concrete Research. – 2007. – № 38(3). – P. 403–412.

10. Geel, van H.J.G.M. Concrete behaviour in multiaxial compression: experimental research / Technische Universiteit Eindhoven. –1998. – P.178.

11. Hansen T. C. Triaxial Tests with Concrete and Cement Paste. Danmarks Tekniske Universitet. – Danish : Print Book, 1995. – P. 53. – ISBN 87-7740-156–5.

12. Imran I., Pantazopoulou S. J. Experimental study of plain concrete under triaxial stress. ACI Mater. J., – 1996. – № 936. – P. 589–601.

13. Q. Li, Ansari F. Mechanics of damage and constitutive relationships for high-strength concrete in triaxial compression. J. Eng. Mech.. 1999. Vol. 125, № 1. P. 1–10. URL: [http://dx.doi.

org/10.1061/(ASCE)0733-9399(1999)125:1(1)].

14. Sfer D., Carol I., Gettu R., Etse G. Study of the behavior of concrete under triaxial compression. J. Eng. Mech. – 2002. – Vol. 128, № 2. – P. 156–163.

15. Warren T. L., Fossum A. F., Frew D. J. Penetration into low-strength (23 MPa) concrete: target characterization and simulations. International Journal of Impact Engineering, 2004, № 30. P. 477–503.

16. Gabet T., Vu X. H., Malecot Y., Daudeville L. A new experimental technique for the analysis of concrete under high triaxial loading. J. Phys. IV France. – 2006. – № 134. – P. 635–640.

17. Lu X, Hsu C.-T. T. Behavior of high strength concrete with and without steel fiber reinforcement in triaxial compression. Cement and Concrete Research. – 2006. – № 36. – P. 1679–1685.

18. Vu X. H., Malecot Y., Daudeville L., Buzaud E. Experimental analysis of concrete behavior under high confinement: Effect of the saturation ratio. International Journal of Solids and Structures. – 2009. – № 46. – P. 1105–1120.

19. Malecot Y., Vu X. H., Daudeville L. Unconfined compressive strength is a poor indicator of the high-pressure mechanical response of concrete. DYMAT. 2009 (2009). P. 1325–1331.

20. He Z., Song Y. Triaxial strength and failure criterion of plain high-strength and high-performance concrete before and after high temperatures. Cement and Concrete Research. – 2010. – № 40. – P. 171–178.

21. Sovjak R., Vogel F., Beckmann B. Triaxial compressive strength of ultra high performance concrete. ActaPolytechnica. – 2013. – № 53 (6). – P. 901–905.

22. Javanmardi P. Experimental Study of Triaxial Behavior of Concrete under Lateral Confining Stress. The Open Civil Engineering Journal. – 2017. – № 11. – P. 281–291. – DOI: 10.2174/1874149501711010281.

23. Vy X. N., Daudeville L., Malecot Y. Effect of coarse aggregate size and cement paste volume on concrete behavior under high triaxial compression loading. Construction and Building materials. – 2011. – № 25. – P. 3941–3949.

24. Xie J., Elwi A. E., MacGregor J. G. Mechanical properties of three high-strength concretes containing silica fume Mater. J. – 1995. – Vol. 92, № 2. – P. 135–145.

25. Lee S., Song Y., Han S. Biaxial behavior of plain concrete of nuclear containment building. Nuclear Engineering and Design. – 2004. – № 227. – C. 143–153.

26. Ren X., Yang W., Zhou Y. Behavior of High-Performance Concrete under Uniaxial and Biaxial Loading. ACI Materials Journal. – 2008. – Title № 105-M62. – P. 548–557.

27. Hussein A., Marzouk H. Behavior of High-Strength Concrete under Biaxial Stresses. ACI Materials Journal. − V. 97, № 1. – P. 27–36.

© Н. И. Карпенко, В. И. Корсун, С. Н. Карпенко, А. М. Анущенко, 2022
Получено: 10.09.2022 г.

УДК 624.046

П. А. ХАЗОВ[1], канд. техн. наук, доц. кафедры теории сооружений и технической механики, зав. лабораторией непрерывного контроля технического состояния зданий и сооружений; В. И. ЕРОФЕЕВ[2], д-р физ.-мат. наук, профессор, директор; Д. М. ЛОБОВ[1], ст. преподаватель кафедры строительных конструкций; А. П. ПОМАЗОВ, ассистент кафедры строительных конструкций[1], инженер[3]; А. К. СИТНИКОВА[1], студент

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ ДЛИН И КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА КОМПОЗИТНЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
Тел.: (831) 430-54-96, (951) 919-0-919; эл. почта: khazov.nngasu@mail.ru
[2]Институт проблем машиностроения РАН – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»
Россия, 603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85.
Тел.: (831) 432-05-76; эл. почта: erof.vi@yandex.ru
[3]АО «НИЖЕГОРОДТИСИЗ»
Россия, 603096, г. Н. Новгород, ул. Яблоневая, 26. Тел.: (915) 947 36 25;
эл. почта: pomazov.a.p@yandex.ru
Ключевые слова: трубобетон, продольный изгиб, расчетная длина, напряженно-деформированное состояние, малогабаритные сечения, эффективность трубобетона, устойчивость.

Приведены результаты испытаний трубобетонных образцов различных длин и условий опирания на центральное сжатие. В результате потери устойчивости определены критические силы. Приведены результаты второстепенных испытаний стальной трубы, бетона и арматуры, входящих в состав композитного трубобетонного сечения. Выполнена оценка расчетной длины при условиях опирания «заделка – шарнир» для частично податливой заделки. Соотношения критических сил позволили оценить значения коэффициентов продольного изгиба, что может быть использовано при создании единой методики расчета центрально сжатых трубобетонных конструкций.

Введение

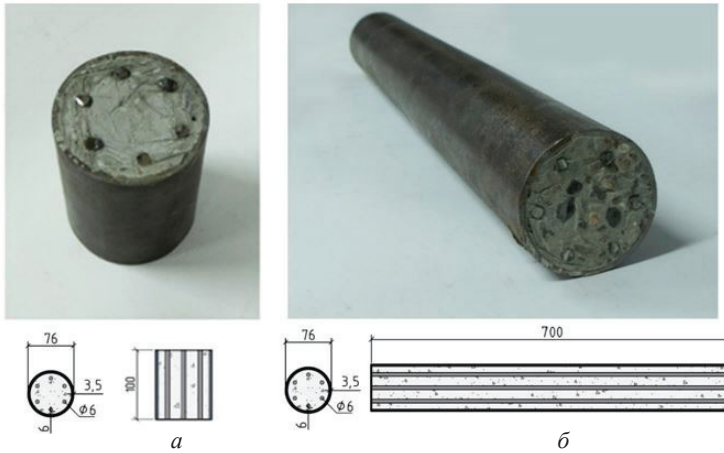
В настоящее время активно ведутся экспериментальные и численные исследования, касающиеся напряженно-деформированного состояния трубобетонных конструкций различных сечений [1–10]. Трубобетонный стержень представляет собой круглую или прямоугольную трубу, в которую размещается и уплотняется бетонная смесь, образующая впоследствии единую систему, объединяющую преимущества «классических» стальных и железобетонных элементов, при этом нивелируя их недостатки [10].

Несмотря на существующие нормативные методики [11], не всегда удается грамотно спрогнозировать поведение трубобетонных конструкций в критическом состоянии, возникающем в момент потери устойчивости. Современные конечно-элементные комплексы позволяют смоделировать процесс потери устойчивости [4, 8, 10], однако, проведение численных расчетов должно опираться на экспериментальную базу.

Материалы и методы

Для изучения устойчивости трубобетонных элементов были изготовлены круглые трубобетонные армированные образцы диаметром 76 мм с длинами 100 и 700 мм (рис. 1). Для определения коэффициентов продольного изгиба образцы доводились до разрушения с помощью пресса П-125 с максимальной сжимающей нагрузкой 1200 кН. Для определения расчетных характеристик трубы, бетона и арматуры были испытаны соответствующие образцы.

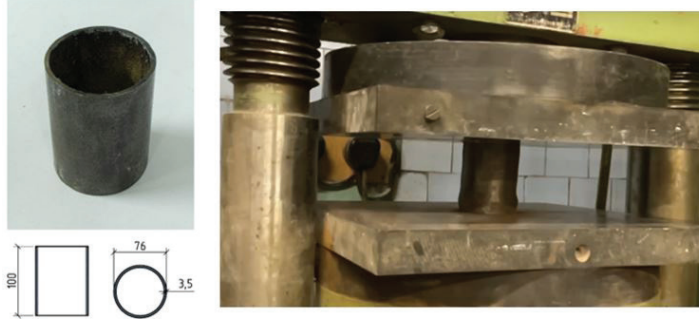
Механические характеристики бетона определены с помощью пресса ИП-100. На образец длиной 300 мм были установлены 2 тензорезистора, соединенных через мост Уитстона с восьмиканальной тензометрической станцией ZET 017-T8, позволяющей определить относительную деформацию (рис. 3).



а *б*

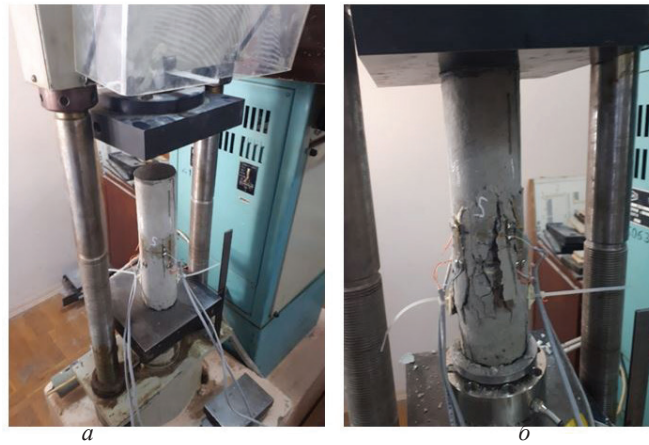
Рис. 1. Изготовленные трубобетонные образцы длиной 100 мм (*а*) и 700 мм (*б*)

Марка стали трубы определена с помощью разрушения образца (рис. 2) с помощью пресса [10]. Класс арматуры (А400) определен с помощью разрывной машины Р-5 [10].



а *б*

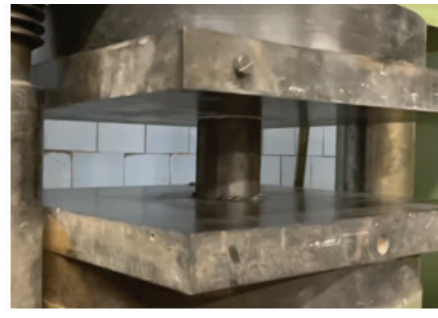
Рис. 2. Образец трубы: *а* – до испытания; *б* – в процессе испытания



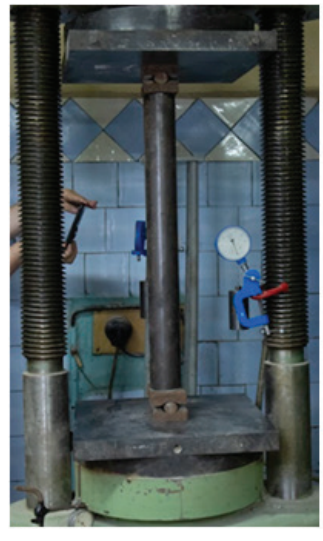
а *б*

Рис. 3. Установка для тензометрических испытаний бетона: *а* – бетонный образец до испытаний; *б* – разрушенный бетонный образец после испытаний

На рис. 4 представлены экспериментальные установки для испытаний изготовленных трубобетонных образцов (рис. 1). Всего было проведено 3 эксперимента: испытание короткого образца длиной 100 мм для определения несущей способности без потери устойчивости (рис. 4*а*), испытания длинного образца длиной 700 мм при условиях закрепления «шарнир-шарнир» (рис. 4*б*) и «заделка – шарнир» (рис. 4*в*). Следует отметить, что в эксперименте с закреплением «заделка – шарнир» заделка является частично податливой, в результате чего реальная расчетная длина определялась непосредственно после проведения испытаний с помощью измерения расстояния между точками перегиба.



а



б *в*

Рис. 4. Экспериментальные установки для испытаний изготовленных трубобетонных образцов: *а* – образец длиной 100 мм; *б* – образец длиной 700 мм, закрепление «шарнир – шарнир», верхняя нагружающая пластина закреплена от поворота; *в* – образец длиной 700 мм, закрепление «заделка – шарнир», верхняя нагружающая пластина переведена в состояние «шарнир»

Результаты исследования

На рис. 5 приведена диаграмма деформирования образца. По диаграмме видно, что разрушение произошло при нормальных напряжениях 11 МПа, относительной деформации 2,24 ‰, что соответствует классу В12,5. По ссылке [12] приведена видеозапись исследования. В статье [10] отражены результаты испытания

короткого образца (100 мм), изготовленного из той же партии бетонной смеси. Расчетное сопротивление образца составило 15 Мпа. Таким образом, коэффициент перехода от «кубиковой» к «призменной» прочности составил 0,73.

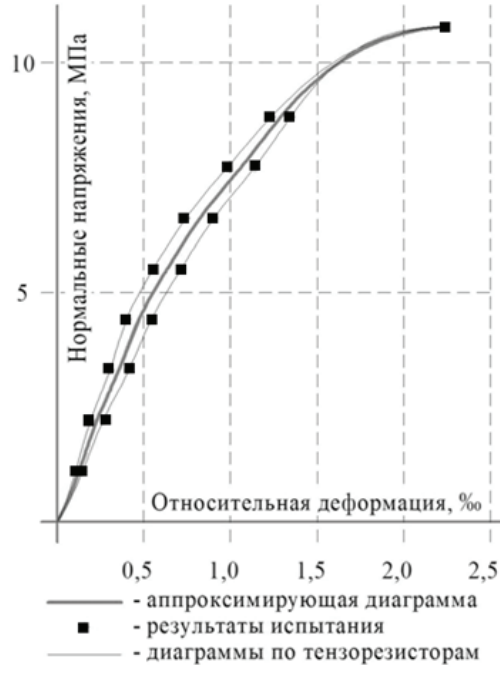
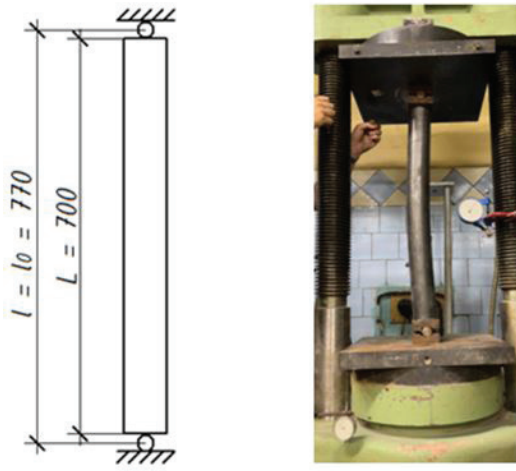


Рис. 5. Диаграмма деформирования бетонного образца

Разрушение образца трубы произошло в результате раскрытия шва трубы (рис. 6), максимальная нагрузка составила 313 кН. При этом нормальные напряжения составили 390 МПа, что соответствует марке 09Г2С с условным пределом текучести 350 МПа [10]. Результаты испытаний арматуры подтвердили класс А400, предел текучести соответствовал нагрузке 14,5 кН (513 МПа), а предел прочности – 17,2 кН (608 МПа) [10].

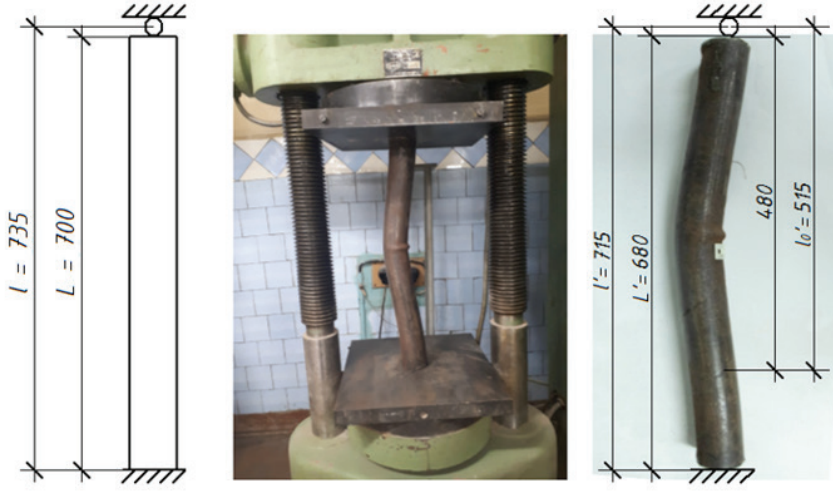
Рис. 6. Образец трубы после испытания



а *б*

Рис. 7. Расчетная схема трубобетонного образца длиной 700 мм при закреплении «шарнир – шарнир» (*а*) и деформированный образец в экспериментальной установке (*б*) после потери устойчивости (горизонтальный масштаб искажен)

При испытании трубобетонного образца длиной 700 мм с шарнирным закреплением потеря устойчивости произошла при осевой сжимающей нагрузке 370 кН. По сравнению с разрушающей нагрузкой для короткого образца того же сечения, критическая сила составила 59,7 %, что соответствует коэффициенту продольного изгиба φ = 0,597.



а *б* *в*

Рис. 8. Расчетная схема трубобетонного образца длиной 700 мм при закреплении «заделка – шарнир» (*а*); деформированный образец в экспериментальной установке (*б*) после потери устойчивости; геометрическая схема образца с расчетными длинами (*в*)

Трубобетонный образец длиной 700 мм при жестком закреплении «заделка – шарнир» потерял устойчивость при критической силе 460 кН. В этом случае коэффициент продольного изгиба составил φ = 0,742. Для определения расчетной длины были измерены расстояния между торцами и точками перегиба деформированного образца. Коэффициент расчетной длины составил μ = 0,720. Отличие полученного в ходе эксперимента значения коэффициента расчетной длины от теоретического (μ = 0,7) объясняется частично податливой природой заделки, о чем говорилось выше.

Результаты вычислений коэффициентов продольного изгиба и расчетных длин сведены в таблицу.

Определение коэффициентов продольного изгиба и расчетных длин композитных трубобетонных образцов

Номер	Образец	Критическая сила, *Pкр*, кН	Коэффициент продольного изгиба, φ	Расчетная длина, l_0, мм	Коэффициент расчетной длины, μ
1	Трубобетонный образец высотой 100 мм с закреплением «шарнир – шарнир»	620	φ = 620/620 = = 1 (нет потери устойчивости)	—	—
2	Трубобетонный образец высотой 700 мм с закреплением «шарнир – шарнир»	370	φ = 370/620 = = 0,597	l_0 = 770	μ = 770/770 = = 1
3	Трубобетонный образец высотой 700 мм с закреплением «заделка – шарнир»	460	φ = 460/620 = = 0,742	l_0 = 735·0,720 = = 529,4	μ = 515/715 = = 0,720

Для дальнейших исследований выполнено сравнение полученных коэффициентов продольного изгиба с теоретическими характеристиками для полой стальной трубы, определенными по нормативным документам [13]:

Закрепление «шарнир – шарнир»:

$$\varphi_1 = f\left(\bar{\lambda} = \frac{l_0}{i_{\min}}\sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}}\sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{1 \cdot 77{,}0}{2{,}57}\sqrt{\frac{350}{206\,000}} = 1{,}237\right) = 0{,}951.$$

Закрепление «жесткая заделка – шарнир»:

$$\varphi_2 = f\left(\bar{\lambda} = \frac{l_0}{i_{\min}}\sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}}\sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{0{,}7 \cdot 73{,}5}{2{,}57}\sqrt{\frac{350}{206\,000}} = 0{,}826\right) = 0{,}979.$$

Из расчетов видно, что коэффициент продольного изгиба для трубобетона меньше, чем для стальной трубы: на 37,2 % – при шарнирном закреплении и на 24,2 % – при жестком закреплении на одном конце и шарнирном закреплении на другом.

Разница между полученным в результате эксперимента значением коэффици-

ента продольного изгиба трубобетонного образца (таблица) и теоретическим значением, определенным для полой стальной трубы, может быть обусловлена тем, что несущая способность короткого (100 мм) трубобетонного образца значительно превышает критическую нагрузку. Так, заполнение стальной трубы армированным бетоном позволило увеличить несущую способность сечения в 2,23 раза, а критическую силу, при которой происходит потеря устойчивости – лишь в 1,40 раза для шарнирно закрепленного стержня и в 1,69 раза – для стержня с закреплением «заделка – шарнир».

Стальная труба теряет устойчивость за счет местной потери устойчивости стенки. В случае трубобетонной конструкции бетон при работе в трубе находится в сложном трехосном напряженно-деформированном состоянии, и потеря устойчивости происходит за счет изгиба стержня (потеря устойчивости «по-Эйлеру»).

Выводы:

На основании проведенных исследований по вопросам изучения устойчивости трубобетонных образцов можно сделать следующие выводы:

1. Расчетные длины для трубобетонных образцов при различных закреплениях соответствуют ожидаемым, определенным с помощью коэффициента расчетной длины (для шарнирно закрепленного с обоих концов $\mu = 1$, для закрепления «заделка – шарнир» – $\mu \approx 0{,}7$).

2. Коэффициенты продольного изгиба при совместной работе железобетона и стальной трубы имеют значения меньшие, чем у полой трубы, что происходит за счет высокой прочности короткого трубобетонного образца, что не наблюдается для короткой полой трубы;

3. Значительное увеличение (на 40–70 %) несущей способности конструкций при заполнении трубы бетоном может оказаться экономически выгодным ввиду низкой стоимости бетона (в сравнении со сталью) при дальнейшей минимизации трудозатрат при изготовлении конструкций.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПФ РАН на фундаментальные научные исследования на 2021-2023 годы по теме № 0030-2021-0025 и при поддержке РФФИ (грант № 20-07-00914).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кришан, А. Л. Новое конструктивное решение трубобетонных колонн / А. Л. Кришан. – Текст : непосредственный // III тысячелетие – новый мир : труды международного форума по проблемам науки, техники и образования. – 2006. – Том 2. – С. 81–84.

2. Овчинников, И. И. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников, Г. В. Чесноков, Е. С. Михалдыкин. – Текст : непосредственный // Науковедение : интернет-журнал. – 2015. – Том 7, № 4. – http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf (дата обращения: 28.07.2022). – Текст : электронный.

3. Лапшин, А. А. Оценка прочности и устойчивости композитных сталежелезобетонных элементов с совместным применением стержневых и твердотельных расчетных моделей / А. А. Лапшин, П. А. Хазов, Д. А. Кожанов, С. Ю. Лихачева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. ун-т. – Нижний Новгород, 2021. – № 3. – С. 9–16.

4. Канищев, Р. А. Анализ местной устойчивости трубобетонных конструкций прямоугольного сечения. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – 2016. – № 4(64). – С. 59–68.

5. Morino, S. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan / S. Morino, K. Tsuba // Earthquake and Engineering Seismology. – 2005. – № 1, Vol. 4. – P. 51–73.

6. Cai S.-H. Modern Street Tube Confined Concrete Structures / S.-H. Cai. – China : Communication Press, 2003. – 358 p.

7. Mesnager, A. Le pont des Ibis, an vesinet (seine-et-oise) / A. Mesnager, F. Barthes, I. Vevrier // Le Genie Civil. – 1931. – № 2527/3.

8. Белый, Г. И. Исследование прочности и устойчивости трубобетонных элементов конструкций обратным численно-аналитическим методом / Г. И. Белый, А. А. Ведерникова. – Текст : непосредственный // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 2 (85). – С. 26–35.

9. Тамразян, А. Г. Испытание трубобетонных образцов малого диаметра с высоким коэффициентом армирования / А. Г. Тамразян, И. К. Манаенков. – Текст : непосредственный // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 4 (72). – С. 57–62.

10. Хазов, П. А. Экспериментальное исследование прочности композитных трубобетонных образцов малогабаритных сечений / П. А. Хазов, В. И. Ерофеев, Д. М. Лобов, А. К. Ситникова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 3. – С. 36-43.

11. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования : свод правил : утвержден Приказом Минстроя России от 30.12.2016 № 1030/пр : дата введения 01 июля 2017 г. : редакция от 15.12.2020. – URL: http://www.consultant.ru. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

12. Испытали бетон В12,5. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=bmgA_B_WWto (дата обращения 20.07.2022). – Изображение : видео.

13. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : свод правил : утвержден Приказом Минстроя России от 27.02.2017 N 126/пр : актуализированная редакция СНиП II-23-81*. – дата введения 28 августа 2017 г. : редакция от 31.05.2022. – URL: http://www.consultant.ru. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.

KHAZOV[1] Pavel Alekseevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of theory of structures and technical mechanics, head of the laboratory of continuous monitoring of the technical condition of buildings and structures; EROFEEV[2] Vladimir Ivanovich, doctor of physical and mathematical sciences, professor, director; LOBOV[1] Dmitry Mikhaylovich, senior teacher of the chair of building structures; POMAZOV Artyom Pavlovich, assistant of the chair of building structures[1], engineer[3]; SITNIKOVA[1] Anna Konstantinovna, student

EXPERIMENTAL STUDY OF REDUCED LENGTHS AND LONGITUDINAL BENDING COEFFICIENTS OF COMPOSITE CONCRETE-FILLED STEEL TUBE SAMPLES

[1]Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia.
Tel.: +7 (831) 430-54-96, +7 (951) 919-0-919; e-mail: khazov.nngasu@mail.ru
[2]Institute of Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences
85, Belinsky St., Nizhny Novgorod, 603024, Russia. Tel.: +7 (831) 432-05-76;
e-mail: erof.vi@yandex.ru
[3]JSC “NIZHEGORODTISIZ”
26, Yablonevaya St., Nizhny Novgorod, 603096, Russia. Tel.: +7 (915) 947 36 25;
e-mail: pomazov.a.p@yandex.ru
Key words: concrete-filled steel tube, longitudinal bending, reduced length, stress-strain state, small-sized sections, efficiency of concrete-filled steel tube, stability.

The article presents the results of testing a sample of concrete-filled steel tube of different lengths and support conditions for central compression. As a result of the loss of stability, critical forces are determined. The results of secondary tests of a steel tube, concrete and reinforcement, which are part of a composite tube-concrete section, are presented. The estimated reduced length under the conditions of support "rigid support (seal)-hinge" for partially malleable embedding is assessed. The ratios of critical forces made it possible to estimate the values of the coefficient of longitudinal bending, which can be used to create a unified method for calculating centrally compressed structures of concrete-filled steel tube .

REFERENCES

1. Krishan A. L. Novoe konstruktivnoe reshenie trubobetonnykh kolonn [New constructive solution for steel tube confined concrete columns] // III tysyacheletie – novy mir: Trudy mezhdunarodnogo foruma po problemam nauki, tekhniki i obrazovaniya [The III millennium − a new world: Proceedings of the international forum on problems of science, technology and education]. – 2006. – Vol. 2. – P. 81–84.

2. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Chesnokov G. V., Mikhaldykin E. S. O probleme raschyota trubobetonnykh konstruktsiy s obolochkoy iz raznykh materialov. Chast 1. Opyt primeneniya trubobetona s metallicheskoy obolochkoy [On the problem of calculating steel tube confined concrete structures with a shell of different materials. Part 1. Experience with steel tube confined concrete] // Naukovedenie : internet-zhurnal [SCIENCE: Internet journal] – 2015 – Vol. 7, № 4 – http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf (data obrascheniya: 28.07.2022).

3. Lapshin A. A., Khazov P. A., Kozhanov D. A., Likhachyova S. Yu. Otsenka prochnosti i ustoychivosti kompozitnykh stalezhelezobetonnykh elementov s sovmestnym primeneniem sterzhnevykh i tverdotelnykh raschyotnykh modeley [Assessment of the Strength and Stability of Composite Steel-Reinforced Concrete Elements with Joint Use of Rod and Solid-State Calculation Models] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2021. – № 3. – P. 9–16.

4. Kanischev R. A. Analiz mestnoy ustoychivosti trubobetonnykh konstruktsiy pryamougolnogo secheniya [Analysis of local stability of pipe-concrete structures of rectangular section] // Inzhenerno-stroitelny zhurnal [Magazine of Civil Engineering]. 2016. № 4(64). P. 59–68.

5. Morino S., Tsuba K. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan // Earthquake and Engineering Seismology. – 2005. – № 1. Vol. 4. – P. 51–73.

6. Cai S.-H. (2003). Modern Street Tube Confined Concrete Structures. // China : Communication Press, 2003. – 358 p.

7. Mesnager A., Barthes F., Vevrier I. Le pont des Ibis, an vesinet (seine-et-oise). // Le Genie Civil – 1931 – № 2527/3.

8. Bely G. I., Vedernikova A. A. Issledovanie prochnosti i ustoychivosti trubobetonnykh elementov konstruktsiy obratnym chislenno-analiticheskim metodom [Investigation of the strength and stability of pipe-concrete structural elements by the inverse numerical-analytical method] / Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. – 2021. – № 2(85). – P. 26–35.

9. Tamrazyan A. G., Manaenkov I. K. Ispytanie trubobetonnykh obraztsov malogo diametra s vysokim koeffitsientom armirovaniya [Testing small diameter pipe concrete samples with a high coefficient of reinforcement] // Stroitelstvo i rekonstruktsiya [Building and Reconstruction]. 2017; №4 (72). – P. 57–62.

10. Khazov P. A., Erofeev V. I., Lobov D. M., Sitnikova A. K. Eksperimentalnoe issledovanie prochnosti kompozitnykh trubobetonnykh obraztsov malogabaritnykh secheniy [The experimental research of the strength of composite steel tube confined concrete samples of small-sized sections] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2022. – № 3. – P. 36–43.

11. SP 266.1325800.2016. Konstruktsii stalezhelezobetonnye. Pravila proekti-rovaniya

[Steel-reinforced concrete structures. Design rules]: svod pravil : utverzhd. Prikazom Minstroya Rossii ot 30.12.2016 № 1030/pr : data vved. 01 iyulya 2017 g. : redaktsiya ot 15.12.2020. – URL: http:// www.consultant.ru. – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

12. Ispytali beton B12,5. [Tested concrete B12.5]. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=bmgA_B_WWto (data obrascheniya 20.07.2022) – Videozapis.

13. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruktsii [Steel structures]: svod pravil : utverzhd. Prikazom Minstroya Rossii ot 27.02.2017 N 126/pr : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81*, data vved. 28.08.2017 : redaktsiya ot 31.05.2022. – URL: http:// www.consultant.ru. – Rezhim dostupa: KonsultantPlyus. Zakonodatelstvo. VersiyaProf.

© П. А. Хазов, В. И. Ерофеев, Д. М. Лобов, А. П. Помазов, А. К. Ситникова, 2022
Получено: 10.09.2022 г.

УДК 534.21:628.517.2

Т. С. ЯРОВАЯ, аспирант кафедры архитектуры и градостроительства[1]; А. И. АНТОНОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектуры и градостроительства[1], вед. науч. сотр.[2]; В. И. ЛЕДЕНЕВ, д-р техн. наук, проф. кафедры городского строительства и автомобильных дорог[1], вед. науч. сотр.[2]; И. В. МАТВЕЕВА[1], канд. техн. наук, доц. кафедры городского строительства и автомобильных дорог

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ

[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
Россия, 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112, корп. Е. Тел.: (4752) 63-09-20, (4752) 63-03-72; эл. почта: gsiad_tambov@mail.ru.
[2]ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН»
Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21. Тел.: (495) 482-40-16
Ключевые слова: помещения с массовым пребыванием людей; методы расчета прямого звука; расчеты отраженного шума; шумовой режим помещений; речь как источник шума.

Рассматриваются численные методы расчета энергетических характеристик шума, создаваемого разговаривающими людьми в помещениях с их массовым пребыванием. На основе численных методов предложена методика, позволяющая производить оценку шумового режима и акустического комфорта в помещениях с массовым пребыванием людей. Для реализации методики разработана компьютерная программа и приведен пример ее практического использования. Численные методы и методика ее реализации дают возможность производить объективную оценку шумового режима и на этой основе разрабатывать акустически эффективные мероприятия по созданию акустического комфорта в помещениях с массовым скоплением людей.

Человек, находясь в местах с массовым скоплением людей (вокзальные и школьные помещения, операционные залы и т. п.), подвергается воздействию звуковой энергии, излучаемой людьми при их разговорах. Такая шумовая нагрузка на органы слуха человека негативно сказывается на его состоянии, вызывая усталость, раздражительность, рассеяние внимания и т. д. Другим неблагоприятным

фактором, возникающим при таких шумовых воздействиях, является снижение слышимости и разборчивости речи. Снижение разборчивости ведет к акустическому дискомфорту, ухудшая условия общения между собой людей, находящихся в толпе.

Для того чтобы оценить шумовую обстановку в таких помещениях, сведения о которой необходимы для последующей разработки мероприятий по улучшению шумового режима и созданию более комфортных акустических условий, требуется выполнение расчетов энергетических характеристик шума, создаваемого в помещениях людьми. При этом необходимо решить две задачи. Первая задача связана с определением уровней шума в расчетных точках помещения и со сравнением полученных данных с санитарно-гигиеническими требованиями. Во второй, более сложной задаче на основе метода реверберационных помех [1] производится оценка разборчивости речи между разговаривающими в толпе людьми. При решении и первой, и второй задач необходимо выполнять расчеты прямого звука, излучаемого людьми как источниками шума, а затем производить расчеты отраженного шума, возникающего при отражениях прямого звука от ограждений помещения.

В связи с тем, что ранее отсутствовали методы расчета шума от людей в местах их массовых скоплений как от источников звуковой энергии, нами были разработаны новые методы расчета излучаемого людьми прямого звука и возникающего при этом отраженного шума [2, 3, 4, 5]. При разработке методов учтены особенности излучения звуковой энергии людьми. К ним относятся случайность положения людей, их ориентация и направленность звука. Случайными величинами являются также количество разговаривающих в толпе людей и продолжительность речи каждого из них. По этим причинам нами предложены две расчетные модели, реализующие случайный характер излучения шума людьми.

В первом случае при относительно небольшом количестве людей предложено использовать компьютерное моделирование прямого звука. При таком подходе распределенные случайным образом источники шума (разговаривающие люди) рассматриваются как система дискретных излучателей. Звуковая энергия в этом случае определяется от каждого источника в отдельности. Затем производится суммирование энергии от всех источников с учетом вероятности их положения и ориентации. При моделировании используется численный метод, алгоритм которого подробно рассмотрен в статье [2]. К недостаткам метода относится значительная трудоемкость расчетов при большом скоплении людей и сложность использования полученных результатов при расчетах отраженного шума.

Менее трудоемким является метод расчета, основанный на другом подходе к решению задачи. Расчет прямого звука от разговаривающих людей производится как от однотипных источников шума. В этом случае имеется возможность заменить дискретную модель источников на плоскость с равномерно излучающей звуковую энергию способностью. Такой источник имеет определенную акустическую мощность и направленность излучения.

Наиболее подробно данный подход к оценке излучения звуковой энергии скоплением людей и реализующий его метод подробно рассмотрены нами в статье [4]. Удельная акустическая мощность источника в виде разговаривающих людей, приходящаяся на единицу излучающей плоскости, согласно [4], определяется выражением:

$$W'' = \frac{W_0 N K_{\text{од}} \cdot 10^{0.1 L_{\text{ИР}}}}{S_0}, \qquad (1)$$

где $W_0 = 10^{-12}$ (Вт) – акустическая мощность источника на пороге слышимости;

S_0 – площадь, занятая N количеством посетителей; $K_{од}$ – коэффициент, определяющий одновременность речи N посетителей, находящихся в пределах плоскости с площадью S_0; L_{WP} – уровень акустической мощности одного разговаривающего человека.

Величина L_{WP} зависит от частоты излучаемой энергии и уровня звукового давления, создаваемого речью человека. Уровни, в свою очередь, зависят от пола и возраста людей и степени их возбуждения во время разговоров. Подробно эти зависимости рассмотрены в статье [6].

Для плоского источника с удельной акустической мощностью W'' плотность прямой звуковой энергии в расчетной точке согласно [7] может вычисляться в соответствии с интегральным выражением:

$$\varepsilon_{пр} = \int_{S_0} \frac{W''\Phi}{\Omega r^2 c} ds \,, \tag{2}$$

где r – расстояние от элемента dS плоскости S_0 до расчетной точки; c – скорость звука в воздухе; Ω – пространственный угол излучения звука плоскостью S_0; Φ – фактор направленности речи.

Величина фактора направленности речи Φ зависит от многих условий. Результаты подробного исследования его зависимости от разных условий приведены в статье [6]. В случае помещений с массовым пребыванием людей, когда говорящие люди имеют случайную ориентацию в плоскости их нахождения (например, перемещение детей в рекреационных помещениях школы), величину Φ с достаточной точностью можно принимать равной $\Phi = 1$.

Уровень прямого звука в этом случае будет определяться в соответствии с выражением:

$$L_{пр} = L_{WP} + 10\lg\left(\frac{NK_{од}}{S_0}\right) + 10\lg\left(\int_{S_0} \frac{1}{\Omega r^2} dS\right). \tag{3}$$

В статье [4] предложено расчет величины $\varepsilon_{пр}$ с использованием выражения (2) производить численным методом. В этом случае согласно [4] вся излучающая звук плоскость S_0 делится на M одинаковых элементов. Производится расчет $\varepsilon_{пр}$ от каждого элемента как от точечного источника. Затем путем суммирования определяется общая плотность энергии в расчетной точке. Величина суммарной плотности прямой энергии определяется на основе решения численного ряда:

$$\varepsilon = \sum_{m=1}^{M} \frac{NK_{од} W_0 10^{0.1 L_{WP}}}{4\pi r_m^2 c M} \,. \tag{4}$$

где r_m – расстояние от m-го элемента до расчетной точки.

При рассмотрении элементов m в качестве точечных источников звука уровень звукового давления в каждой расчетной точке вычисляется по формуле:

$$L_{пр} = L_{WP} + 10\lg\left(\frac{NK_{од}}{4\pi M}\right) + 10\lg\left(\sum_{m=1}^{M} \frac{1}{r_m^2}\right). \tag{5}$$

Выполненный нами сравнительный анализ расчетов методом компьютерного моделирования и методом, основанном на представлениях о плоском источнике, показал, что расхождения не превышают величины 0,5 дБ [3]. При этом второй метод имеет меньшую трудоемкость и более пригоден к расчету отраженной составляющей шума.

Выбор метода расчета отраженного шума в помещениях с массовым пребы-

К СТАТЬЕ Т. С. ЯРОВОЙ, А. И. АНТОНОВА, В. И. ЛЕДЕНЕВА, И. В. МАТВЕЕВОЙ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМА В ПОМЕЩЕНИЯХ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ»

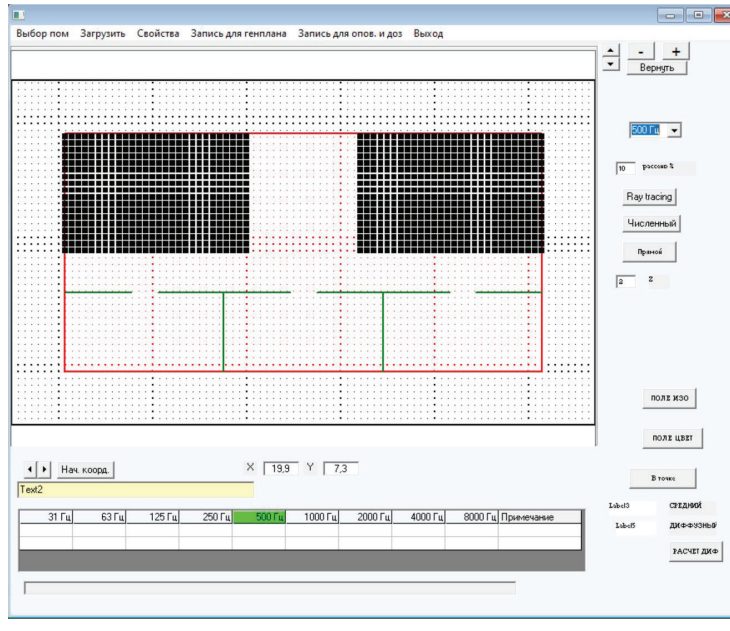


Рис. 1. Компьютерная форма помещения с исходными данными для расчета. В заштрихованной зоне зала находятся посетители

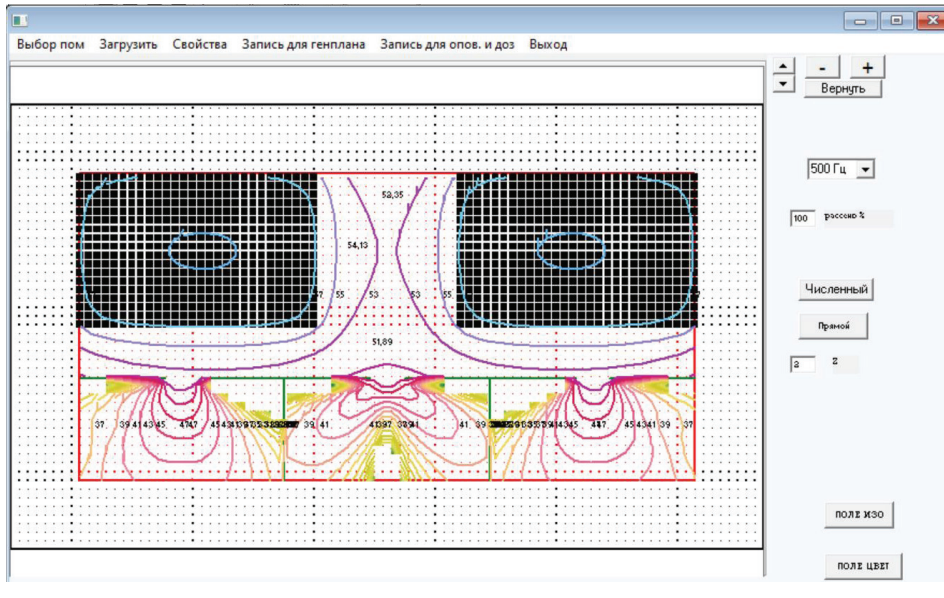


Рис. 2. Распределение уровней звукового давления (дБ) прямого звука в помещениях в форме изодецибел

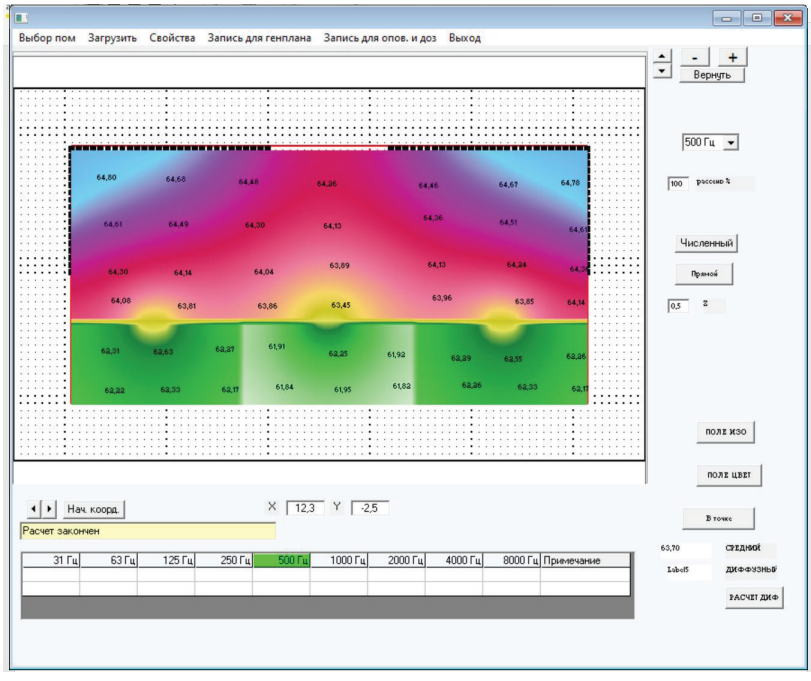


Рис. 3. Распределение уровней звукового давления (дБ) суммарной (прямой и отраженной) звуковой энергии в помещениях при коэффициентах звуковопоглощения поверхности 0,1

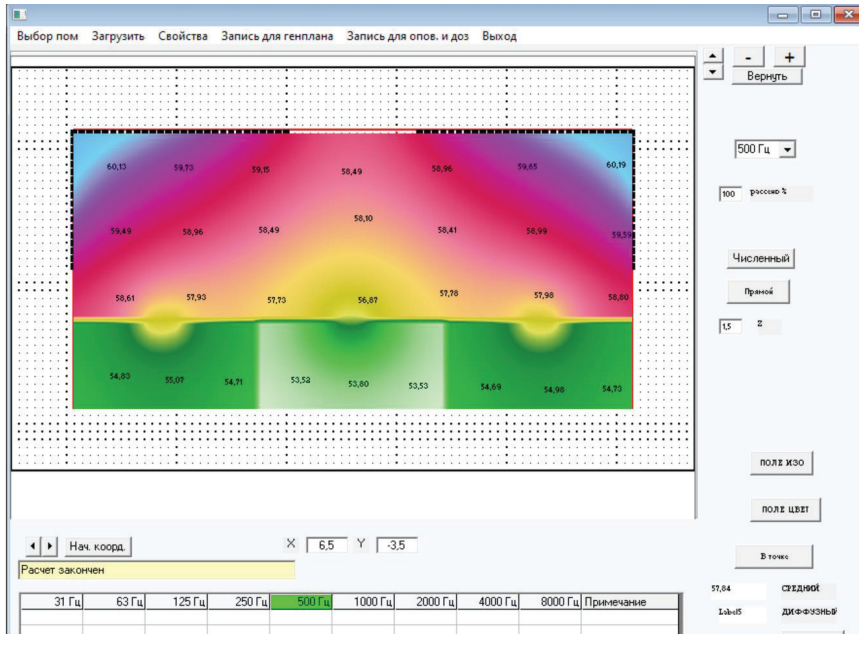


Рис. 4. Распределение уровней звукового давления (дБ) суммарной (прямой и отраженной) звуковой энергии в помещениях при устройстве звукопоглощающей облицовке потолка

ванием людей во многом определяется отражением звука от ограждений [8, 9]. При распределенных по помещению источниках шума (разговаривающих людей), являющихся также дополнительными рассеивателями звуковой энергии, излучаемой людьми, характер отражения звуковой энергии с достаточной достоверностью можно принять диффузным и в этом случае использовать для расчета отраженной составляющей численный энергетический метод расчета [7]. Достоинством метода является возможность расчета отраженной звуковой энергии как в соразмерных, так и в несоразмерных помещениях, а также в помещениях сложных форм [7].

Метод основан на решении уравнения распределения плотности отраженной звуковой энергии в квазидиффузном звуковом поле [7]. Уравнение для условий постоянного звукового поля имеет вид:

$$\eta\nabla^2\varepsilon_{\text{отр}} - cm_{\text{в}}\varepsilon_{\text{отр}} = 0, \qquad (6)$$

где ∇^2 – оператор Лапласа; $m_{\text{в}}$ – пространственный коэффициент затухания звука в воздухе; $\eta = 0{,}5cl_{\text{ср}}$ – коэффициент связи между плотностью потока звуковой энергии и градиентом плотности отраженной звуковой энергии в квазидиффузном звуковом поле [7, 10]; $l_{\text{ср}}$ – средняя длина свободного пробега звука в помещении.

Уравнение (6) в случае помещений с массовым пребыванием людей решается при граничных условиях, имеющих вид:

$$\overline{q}\Big|_{ds} = \frac{-c\alpha_s}{2(2-\alpha_s)}\varepsilon_{\text{отр}}\Big|_{ds} + (1-\alpha_s)I_{\text{пр}}\Big|_{ds}, \qquad (7)$$

где α_s – коэффициент звукопоглощения на рассматриваемом участке поверхности ds; $I_{\text{пр}}$ – суммарная интенсивность прямой звуковой энергии, падающей на элемент ds со всей излучающей плоскости разговаривающих людей.

Алгоритм расчета численным методом включает в себя следующие операции:

1. Весь объем помещения делится на элементарные объемы $V_{i,j,k}$ (см. рис. 1).

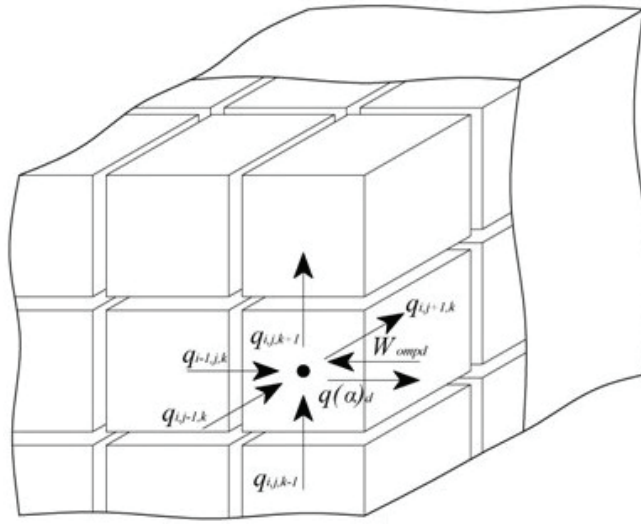


Рис. 1. Схемы разбиения помещения на элементарные объемы

2. Для каждого i,j,k-го объема составляется баланс отраженной энергии. Выражение для уравнения баланса в общем случае имеет вид:

$$\sum_{n=1}^{N} q_n S_n + \sum_{d=1}^{6-N} |\overline{q}|_d S_d - cm_в \varepsilon_{\text{отр}i,j,k} V_{i,j,k} = 0, \qquad (8)$$

где q_n – плотности потоков диффузной энергии между i,j,k-м объемом и соседними с ним объемами через поверхности S_n; $|\overline{q}|_d$ – модуль плотности потока диффузной энергии на d-й поверхности элементарного объема, являющейся поверхностью ограждения помещения с площадью S_d; $\varepsilon_{\text{отр}i,j,k}$ – плотность отраженной энергии в i,j,k-м объеме; N – количество объемов, контактирующих с i,j,k-м объемом; $6–N$ – количество граней i,j,k-го объема, являющихся поверхностями ограждения.

3. Производится расчет интенсивности прямой энергии, приходящей на поверхность S_d элементарного объема i,j,k от всех участков m, на которые разделена излучающая звуковую энергию плоскость, и определяется интенсивность приходящей в элементарный объем i,j,k-й энергии после отражения падающего на ограждение прямого звука. Расчет производится по формуле:

$$I_{\text{пр}.d} = (1-\alpha_d)\sum_{m=1}^{M} \frac{NK_{\text{од}} W_0 10^{0.1L_{WP}}}{4\pi r_d^2 M} \cos\theta_d, \qquad (9)$$

где r_d – расстояние от центра излучающего звук участка m до центра поверхности S_d ограждения в пределах i,j,k-го объема; Θ_d – угол направления от центра излучающей поверхности элемента m и центра элемента ограждения d; α_d – коэффициент звукопоглощения на элементе поверхности ограждения d.

4. Выполняется расчет величины $|\overline{q}|_d$ для каждой поверхности ограждения в пределах i,j,k-го объема и затем определяется суммарная величина от всех поверхностей $M = 6–N$ с учетом поглощения прямой и отраженной звуковой энергии на ограждениях, см. формулу (7).

$$\sum_{d=1}^{6-N} |\overline{q}|_d S_d = \sum_{d=1}^{6-N} \left[(1-\alpha_d)\sum_{m=1}^{M} \frac{NK_{\text{од}} W_0 10^{0.1L_{WP}}}{4\pi r_d^2 M} \cos\theta_d - \frac{\alpha_d c \varepsilon_{i,j,k}}{2(2-\alpha_d)} \right] S_d . \qquad (10)$$

5. Производится решение полученной системы уравнений баланса отраженной энергии и определяются плотности отраженной энергии в каждом элементарном объеме.

6. Выполняется расчет уровней звукового давления, создаваемых разговаривающими людьми в точках помещения, при их скоплении в помещениях. Расчет производится по формуле:

$$L_i = 10\lg\left[(\varepsilon_{\text{пр}i} + \varepsilon_{\text{отр}i}) c / I_0 \right], \qquad (11)$$

где $\varepsilon_{\text{пр}i}$ – плотность энергии прямого звука в i-й расчетной точке помещения, создаваемой при массовом скоплении разговаривающих людей, определяемая по формуле (4); $\varepsilon_{\text{отр}i}$ – плотность отраженной звуковой энергии в i-й расчетной точке, полученная в результате решения системы уравнений; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м^2 – интенсивность звука на пороге слышимости.

Ниже приведен пример оценки шумового режима в помещении клиентского зала размерами 18×6×3,9 м и в акустически связанных с ним рабочих помещениях с размерами 6×3×3,9 м (см. рис. 2).

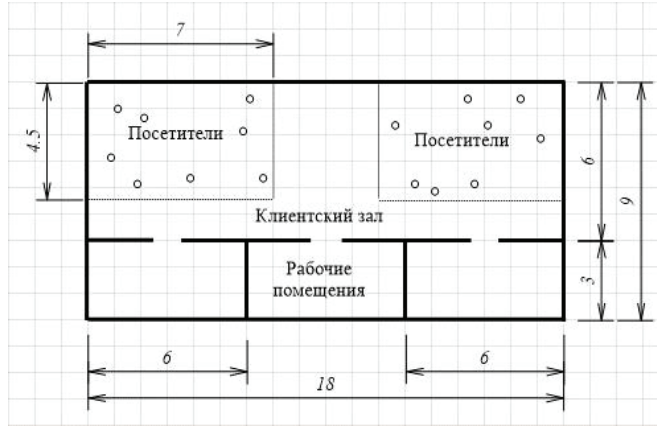


Рис. 2. Схема помещения к расчету шумового режима. Размеры даны в метрах

Связь помещений осуществляется через открытые проемы шириной 1,2 м. Посетители располагаются в клиентском зале с плотностью 1 человек на 4 м^2, коэффициент одновременности речи равен 0,4. Расчет выполнен для октавной полосы со среднегеометрической частотой 500 Гц. Плотность акустической мощности речи составляет 69,2 дБ/м^2. Средний коэффициент звукопоглощения ограждений равен 0,1. Рассматривается также вариант устройства на потолке звукопоглощающей облицовки с коэффициентом звукопоглощения 0,7. Компьютерная форма к расчету приведена на рис. 1 цв. вклейки.

На рис. 2 цв. вклейки показано распределение уровней звукового давления (дБ) прямого звука от посетителей. Видно проникновение звука в акустически связанные рабочие помещения. В зоне посетителей уровень прямого звука достигает 59 дБ, что соответствует тихой речи.

С учетом отраженного звука в помещениях без акустической облицовки потолка (см. рис. 3 цв. вклейки) уровень шума составляет 62–65 дБ. Отраженное звуковое поле от разговаривающих посетителей близко к диффузному. Шум в рабочих помещениях мало отличается от шума в клиентском зале. Очевидно, что акустические условия работы персонала учреждения в таких условиях являются неудовлетворительными и особенно за счет отраженного шума.

Для снижения отраженного шума применена звукопоглощающая облицовка потолка. Это привело к снижению общих уровней шума в клиентском зале на 3–6 дБ, а в рабочих помещениях до 8 дБ (см. рис. 4 цв. вклейки). Устройство облицовки приведет к улучшению слышимости и разборчивости речи.

Предложенные численные методы расчета прямого звука и его отраженной составляющей требуют применения вычислительной техники для их реализации. Разработанная для этой цели компьютерная программа обеспечивает требуемое быстродействие при решении научно-исследовательских и практических задач по оценке шумового режима и разработке мероприятий по обеспечению требуемых акустических условий в помещениях с массовым пребыванием людей. Следует отметить, что достоинством разработанных методов является возможность их применения в помещениях любой сложной формы, а также при размещении разговаривающих людей как по всему объему помещения, так и на его отдельных участках.

Таким образом, в настоящее время на основе рассмотренных выше численных методов создана эффективная методика оценки энергетических параметров

шума, излучаемого людьми, и акустического комфорта в местах их массового пребывания. Методика позволяет эффективно использовать современную вычислительную технику, обеспечивая требуемое быстродействие решения задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маньковский, В. С. Акустика студий и залов для звуковоспроизведения. – Москва: Искусство, 1966. – 376 с.

2. Яровая, Т. С. Математическое моделирование прямого звука при экологической оценке шумового режима в зданиях с массовым пребыванием людей / Т. С. Яровая, А. И. Антонов // В сб.: В. И. Вернадский: Устойчивое развитие регионов. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 204–210.

3. Антонов, А. И. Расчет прямого звука от большого количества людей как от однотипных стохастических источников шума / А. И. Антонов, Т. С. Яровая // В сб.: Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт. Материалы 3-й международной научно-практической конференции института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – С. 64–67.

4. Антонов А. И. Расчет распространения прямого звука в городской среде от объектов с массовым пребыванием людей / А. И. Антонов, И. Л. Шубин, Т. С. Яровая // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – № 3(19). – С. 105–112.

5. Антонов, А. И. Расчеты шума при акустическом благоустройстве в помещениях с массовым пребыванием людей / А. И. Антонов, В. И. Леденев, Т. С. Яровая // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 4(72). – С. 94–100.

6. Антонов, А. И. Экспериментальное определение энергетических параметров речи с целью использования их при оценке шумового режима на объектах с массовым пребыванием людей / А. И. Антонов, О. А. Жоголева, Т. С. Яровая // Приволжский научный журнал. – 2017. – № 4(44). – С. 9–15.

7. Антонов, А. И. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных зданиях / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 274 с.

8. Антонов, А. И. Влияние характера отражения звука от ограждений на выбор метода расчета воздушного шума в гражданских и промышленных зданиях / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, О. О. Федорова // Приволжский научный журнал. – 2017. – № 2(42). – С. 16–23.

9. Антонов, А. И. Расчеты шума в гражданских и промышленных зданиях при зеркально-диффузном отражении звука от ограждений / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва: ООО «Директмедиа Паблишинг», 2022. – 192 с.

10. Antonov A. I. Coupling coefficient of flux density and density gradient of reflected sound energy in quasi-diffuse sound fields / A. I. Antonov, V. I. Ledenev, T. O. Nevenchannaya, I. E. Tsukernikov, I. L. Shubin // Journal of Theoretical and Computational Acoustics. – 2019. – T. 27. – № 2. – C. 1850053.

YAROVAYA Tatyana Sergeevna, postgraduate student of the chair of architecture and urban construction[1]; ANTONOV Aleksandr Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of architecture and urban construction[1]; leading researcher[2]; LEDENEV Vladimir Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of urban development and roads[1]; leading researcher[2]; MATVEEVA Irina Vladimirovna[1], candidate of technical sciences, associate professor of the chair of urban development and roads

NUMERICAL METHODS FOR CALCULATING ENERGY CHARACTERISTICS OF NOISE IN ROOMS WITH A MASS STAY OF PEOPLE

[1]Tambov State Technical University
112-E, Michurinskaya St., Tambov, 392032, Russia. Tel.: +7 (4752) 63-09-20, +7 (4752) 63-03-72; e-mail: gsiad@mail.tambov.ru
[2]Research Institute of Building Physics of RAACS
21, Lokomotivny Dr., Moscow, 127238, Russia. Tel.: +7 (495) 482-40-16
Key words: rooms with a mass stay of people; methods of calculating direct sound; calculations of reflected noise; noise mode of rooms; speech as a noise source.

The article considers numerical methods for calculating energy characteristics of noise generated by talking people staying in mass quantities in rooms. On the basis of numerical methods, a technique is proposed that makes it possible to assess the noise regime and acoustic comfort in the rooms with a mass stay of people. To implement the methodology, a computer software has been developed and an example of its practical use is given. Numerical methods and the methodology of its implementation make it possible to make an objective assessment of the noise regime and, on this basis, develop acoustically effective measures to create acoustic comfort in rooms with a massive crowd of people.

REFERENCES

1. Mankovsky V. S. Akustika studiy i zalov dlya zvukovosproizvedeniya [Acoustics of studios and halls for sound reproduction]. – Moscow: Iskusstvo, 1966. – 376 p.
2. Yarovaya T. S., Antonov A. I. Matematicheskoe modelirovanie pryamogo zvuka pri ekologicheskoy otsenke shumovogo rezhima v zdaniyakh s massovym prebyvaniem lyudey [Mathematical modeling of direct sound in the environmental assessment of the noise regime in buildings with a mass stay of people] / V. I. Vernadsky: Ustoychivoe razvitie regionov. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [V. I. Vernadsky: Sustainable development of regions. Materials of the International Scientific and Practical Conference]. – Tambov, 2016. – P. 204–210.
3. Antonov A. I., Yarovaya T. S. Raschyot pryamogo zvuka ot bolshogo kolichestva lyudey kak ot odnotipnykh stokhasticheskikh istochnikov shuma [Calculation of direct sound from a large number of people as from the same type of stochastic noise sources] / Ustoychivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitelstvo i transport. Materialy 3-y mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii instituta arkhitektury, stroitelstva i transporta Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Sustainable development of the region: architecture, construction and transport. Materials of the 3-rd International Scientific and Practical Conference of the Institute of Architecture, Construction and Transport of Tambov State Technical University]. – Tambov, 2016. – P. 64–67.
4. Antonov A. I., Shubin I. L., Yarovaya T. S. Raschyot rasprostraneniya pryamogo zvuka v gorodskoy srede ot obektov s massovym prebyvaniem lyudey [Calculation of the propagation of direct sound in an urban environment from objects with a mass presence of people] / Biosfernaya sovmestimost: chelovek, region, tekhnologii [Biosphere compatibility: person, region, technology]. – 2017. – № 3(19). – P. 105–112.
5. Antonov A. I., Ledenev V. I., Yarovaya T. S. Raschyoty shuma pri akusticheskom blagoustroystve v pomescheniyakh s massovym prebyvaniem lyudey [Noise calculations for acoustic improvement in rooms with a mass stay of people] / Stroitelstvo i rekonstruktsiya [Construction and reconstruction]. – 2017. – № 4(72). – P. 94–100.
6. Antonov A. I., Zhogoleva O. A., Yarovaya T. S. Eksperimentalnoe opredelenie energeticheskikh parametrov rechi s tselyu ispolzovaniya ikh pri otsenke shumovogo rezhima na obektakh s massovym prebyvaniem lyudey [Experimental determination of energy parameters of speech for the purpose of using them to assess noise regime of crowded objects] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. – № 4(44). – P. 9–15.
7. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva V. I., Shubin I. L. Raschyoty shuma pri

proektirovanii shumozaschity v proizvodstvennykh zdaniyakh [Noise calculations in the design of noise protection in industrial buildings] / Moscow-Berlin: Direkt-Media. – 2020. – 274 p. – ISBN 978-5-4499-0616-8.

8. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Fyodorova O. O. Vliyanie kharaktera otrazheniya zvuka ot ograzhdeniy na vybor metoda raschyota vozdushnogo shuma v grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniyakh [Influence of the mode of sound reflection from walls on selection of the method of air noise calculation in civil and industrial buildings] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2017. – № 2(42). – P. 16–23.

9. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty shuma v grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniyakh pri zerkalno-diffuznom otrazhenii zvuka ot ograzhdeniy [Noise calculations in civil and industrial buildings with mirror-diffuse reflection of sound from fences] / Moscow: Direktmedia Pablishing, 2022. – 192 p.

10. Antonov A. I., Ledenev V. I., Nevenchannaya T. O., Tsukernikov I. E., Shubin I. L. Coupling coefficient of flux density and density gradient of reflected sound energy in quasi-diffuse sound fields / Journal of Theoretical and Computational Acoustics. – 2019. – Vol. 27. – № 2. – P. 1850053.

© Т. С. Яровая, А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, 2022
Получено: 17.09.2022 г.

УДК 624.154.1

Ю. С. ГРИГОРЬЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры; В. В. ФАТЕЕВ, инженер, ст. преподаватель кафедры архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВДОЛЬ РЯДОВ СВАЙ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ “MIDAS GTS NX”

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительныйуниверситет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57; эл. почта: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru
Ключевые слова: компьютерные модели, грунтовый массив, ряды призматических свай, горизонтальные нагрузки и перемещения.

Приводятся результаты исследований горизонтально нагруженных свайных фундаментов с линейно расположенными призматическими сваями в программном комплексе “MIDAS GTS NX”. Методику и результаты выполненных исследований целесообразно использовать при проектировании свайных фундаментов.

При проектировании зданий и сооружений на склоновых территориях; промышленных зданий и сооружений с большими горизонтальными нагрузками; гидротехнических, противооползневых и противоселевых сооружений возникает необходимость выбора рациональных типов фундаментов, воспринимающих большие горизонтальные нагрузки и обеспечивающих длительную эксплуатационную надежность сооружений. Одним из вариантов устройства такого типа фундаментов могут быть развитые в направлении действия наибольших горизонталь-

ных нагрузок ленточные одно-, двух- и трехрядные свайные фундаменты.

Исследованиям горизонтально нагруженных свайных групп и рядов свай в случаях, когда горизонтальные нагрузки прикладываются поперек рядов, посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных специалистов. Вместе с тем исследования работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, действующие вдоль рядов свай, как на моделях фундаментов, так и фундаментов в натурных условиях из-за сложности их организации и трудоемкости экспериментов крайне немногочисленны.

Современный программный комплекс “*MIDAS GTS NX*” позволяет выполнить такого рода исследования с использованием неограниченного количества моделей грунтовых оснований, свай и свайных фундаментов, а также различных сочетаний передающихся на фундаменты нагрузок. Однако для того, чтобы получить результаты расчетов, пригодные для проектирования, геотехнические модели системы «свайный фундамент – грунтовое основание», использующиеся в математических расчетах, должны пройти всестороннюю апробацию [1].

Верификация и валидация геомеханической модели системы «свайный фундамент – грунтовое основание», использовавшейся нами в исследованиях, была выполнена в соответствии с методикой, подробно описанной в нескольких работах [2–4], а в качестве критериев верификации и валидации были использованы:

1. Результаты выполненных в соответствии с СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты» расчетов несущей способности забивной железобетонной сваи, работающей (табл. 1): 1) на вдавливающую; 2) на выдергивающую и 3) на горизонтальную нагрузку (СП 50-102-2003).

2. Результаты полевых испытаний грунтов статическим зондированием (табл. 1, рис. 1–4).

3. Результаты физического моделирования и натурных испытаний свай горизонтальными нагрузками, приведенными в работе [2].

В результате выполненных процедур верификации и валидации было установлено, что разработанная компьютерная модель свайных фундаментов с высоким ростверком, с разным количеством свай длиной 6 м, расположенных шагом 3*d* (*d* = 30 см – размер стороны квадратного поперечного сечения сваи), позволяет исследовать работу системы «свайный фундамент – грунтовое основание» в условиях максимально приближенных к натурным (табл. 1, рис. 1, 2 цв. вклейки).

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности свай

Метод исследований	Несущая способность сваи / нагрузка, допускаемая на сваю	
	на выдергивающую нагрузку F_{du} / ($F_{du}/\gamma_{c,g}$), кН	на вдавливающую нагрузку F_d / ($F_d/\gamma_{c,g}$), кН
Расчеты с использованием формул СП 24.13330.2021	169,54/121,10	439,62/314,01
Полевые испытания грунтов статическим зондированием	179,42/143,54	386,89/309,51
Компьютерное моделирование	209,25/139,50	452,57/301,71

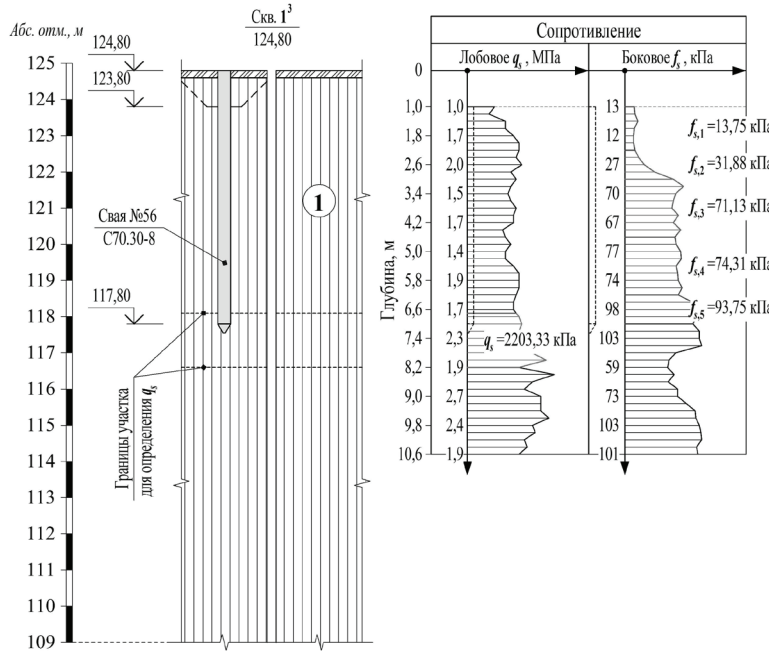


Рис. 1. Расчетные схемы к определению предельного сопротивления забивной призматической сваи по результатам испытания грунтов статическим зондированием: ИГЭ-1– суглинок лессовидный тугопластичный (PrQIV)

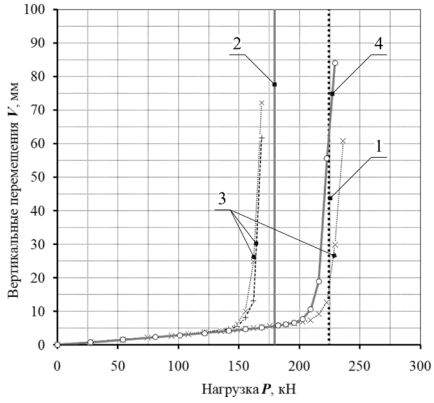


Рис. 2. Графики зависимости вертикальных перемещений ***V***, мм от вертикальных выдергивающих нагрузок ***P***, кН: 1 – предельное сопротивление F_u сваи по результатам испытания грунтов статическим зондированием; 2 – несущая способность сваи на выдергивающую нагрузку F_{du}; 3 – графики, полученные в процессе верификации модели; 4 – график верифицированной модели сваи и грунтового основания

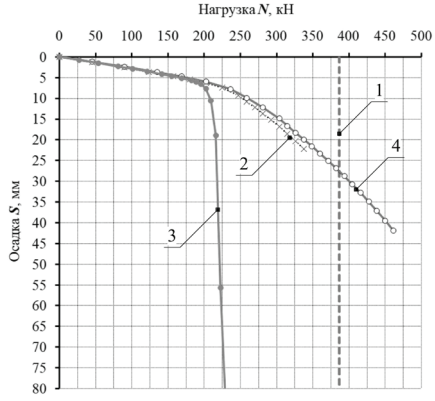


Рис. 3. Графики зависимости осадки ***S***, мм от вертикальных вдавливающих нагрузок ***N***, кН: 1 – предельное сопротивление сваи F_u по результатам испытания грунтов статическим зондированием; 2 – графики, полученные в процессе верификации модели; 3 – несущая способность сваи на выдергивающую нагрузку F_{du}; 4 – график развития осадки верифицированной модели «свайный фундамент – грунтовое основание»

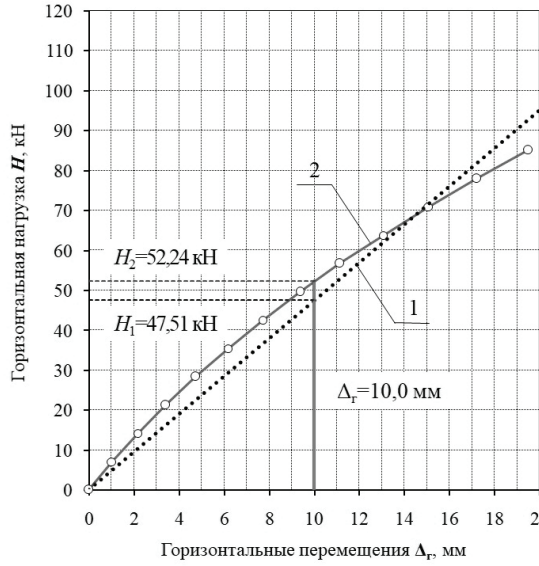


Рис. 4. Графики зависимости горизонтальных перемещений **Δг**, мм от горизонтальных нагрузок ***H***, кН: 1 – график, полученный по результатам выполнения аналитических расчетов по методике СП 24.13330.2021, СП 50-102-2003; 2 – график, полученный по результатам расчетов верифицированной модели в “*MIDAS GTS NX*”

Таблица 2

Характеристика компьютерных моделей

Номер расчетной модели	Количество свай в ряду	Расстояние между сваями	Тип ростверка
1	Одиночная свая со свободной головой		
2	2 сваи	3*d*	Высокий
3	3 сваи		
4	4 сваи		
5	6 свай		
6	8 свай		
7	10 свай		
8	12 свай		

Для описания в разработанной нами модели грунтового основания использовалась упругопластическая модель Мора-Кулона с характеристиками лессового суглинка естественного сложения: удельный вес γ = 18,6 кН/м^3; коэффициент пористости e = 0,820; коэффициент Пуассона ν = 0,37; удельное сцепление c = 20 кПа; угол внутреннего трения φ = 22º; модуль деформации E = 9,5 МПа, принятыми по материалам инженерно-геологических изысканий, выполненных на строительных площадках Нижнего Новгорода. Длительность математического эксперимента ограничивалась величиной горизонтального перемещения свай в уровне горизонтальной поверхности грунтового массива равной 10 мм, по достижении которого определялась предельная величина горизонтальной нагрузки, допускаемой на фундамент.

К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА «ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВДОЛЬ РЯДОВ СВАЙ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ “MIDAS GTS NX”

А Б

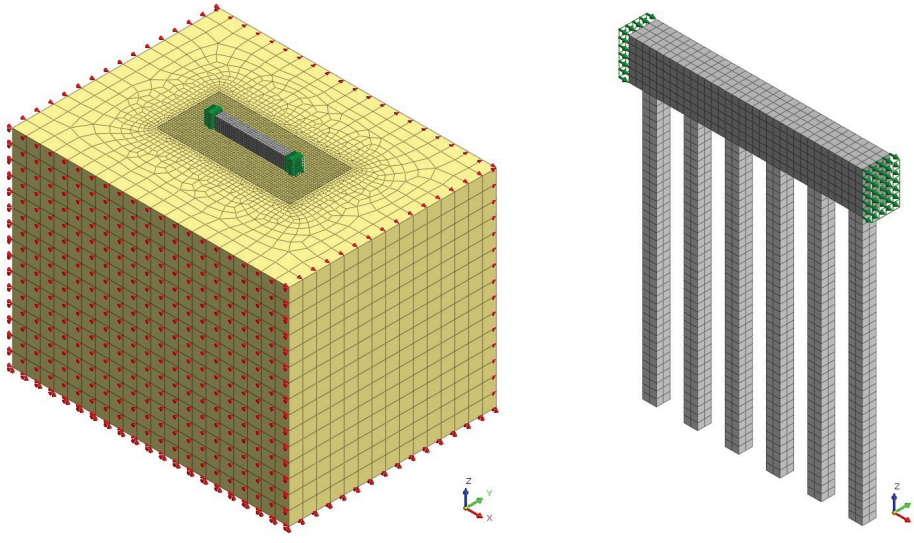


Рис. 1. Компьютерные модели расчетной области грунтового массива (А) и однорядного свайного фундамента из 6 свай (Б)

А Б

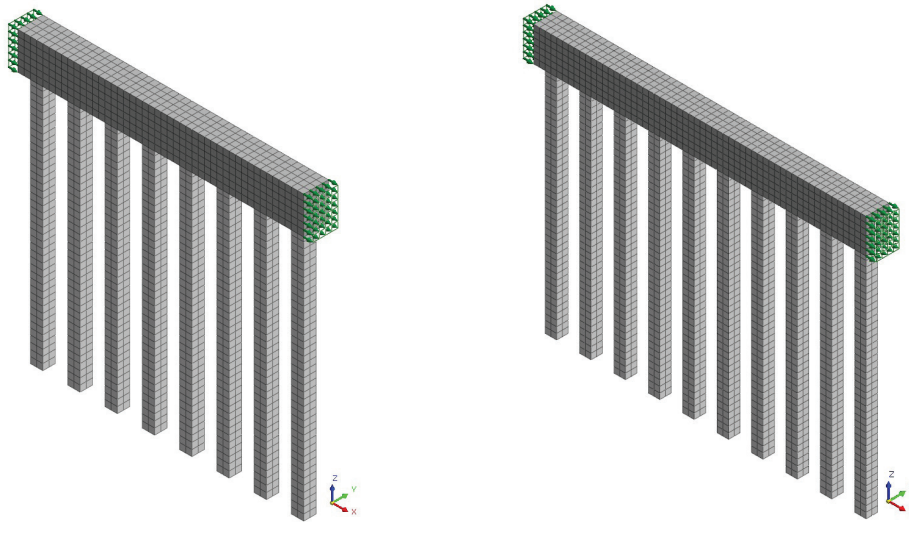


Рис. 2. Компьютерные модели однорядных свайных фундаментов из 8 свай (А) и из 10 свай (Б)

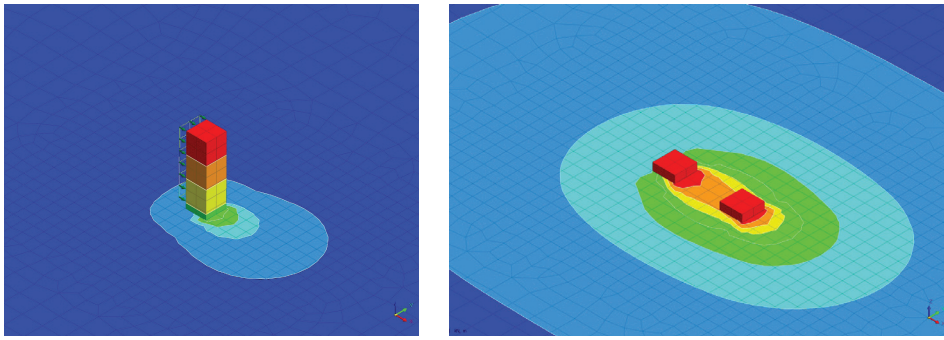


Рис. 3. Расчетные модели № 1 (одиночная свая со свободной головой) и № 2 (ряд из 2 свай). Изополя горизонтальных перемещений (по оси *X*) фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальной нагрузки *H*, вызывающей горизонтальное перемещение свай равное Δ = 10 мм

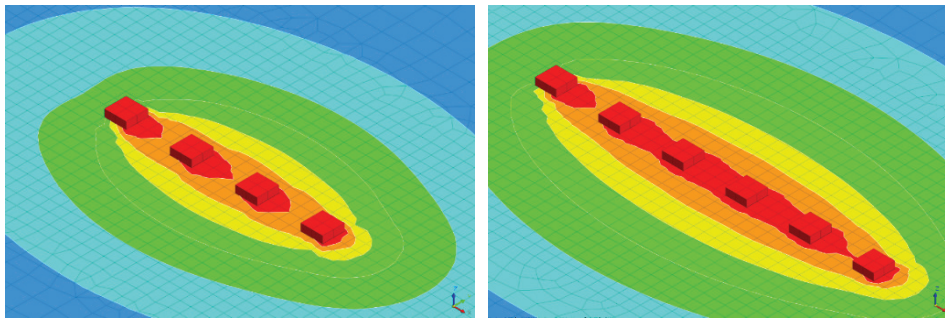


Рис. 4. Расчетные модели № 4 (ряд из 4 свай) и № 5 (ряд из 6 свай). Изополя горизонтальных перемещений (по оси *X*) фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальной нагрузки *H*, вызывающей горизонтальное перемещение свай равное Δ = 10 мм

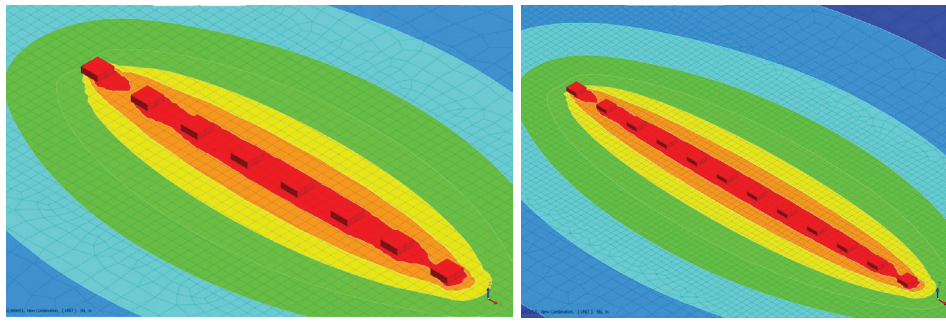


Рис. 5. Расчетные модели № 6 (ряд из 8 свай) и № 8 (ряд из 12 свай). Изополя горизонтальных перемещений (по оси *X*) фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальной нагрузки *H*, вызывающей горизонтальное перемещение свай равное Δ = 10 мм

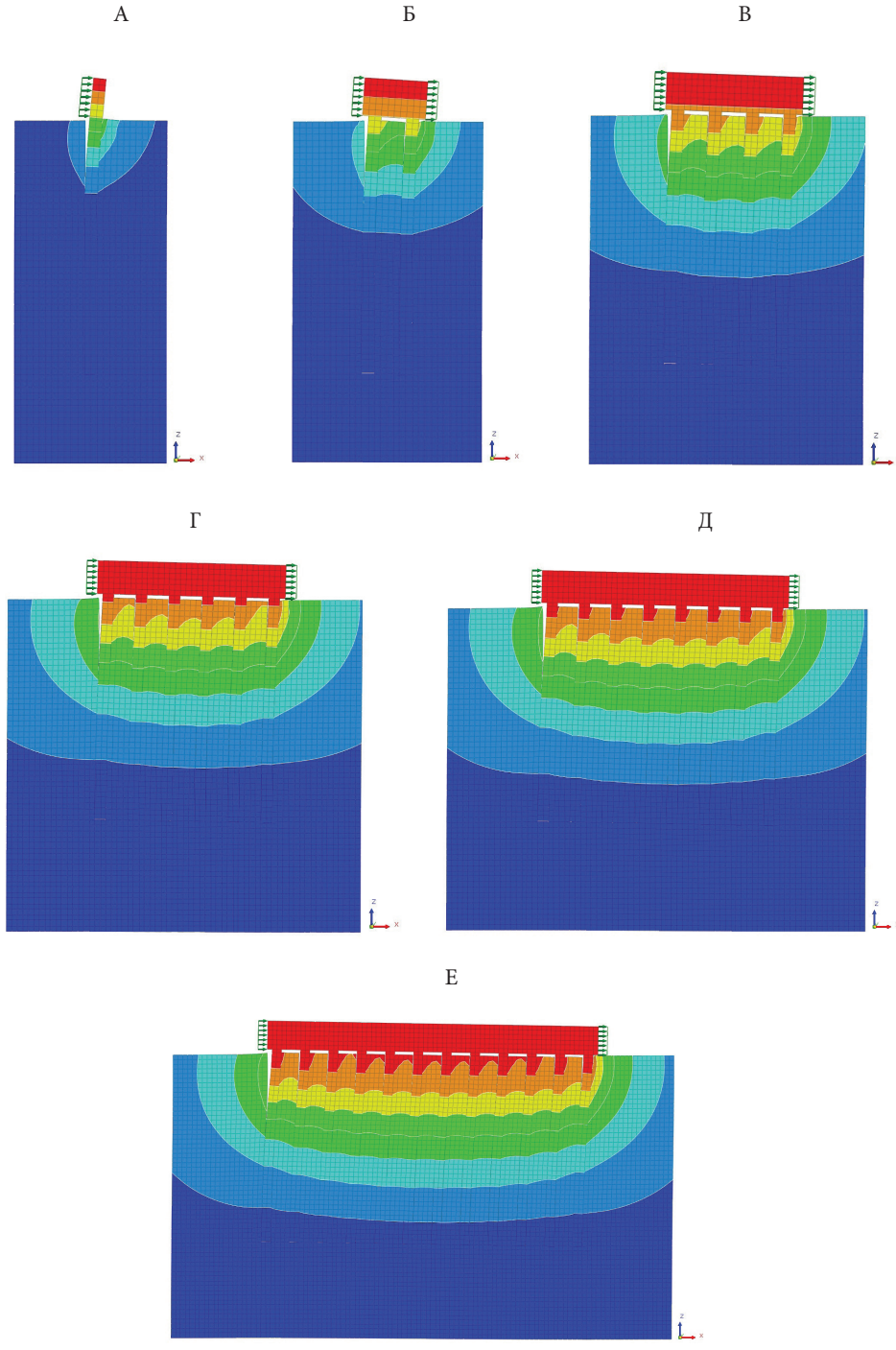


Рис. 6. Изополя горизонтальных перемещений (в вертикальной плоскости вдоль оси *X*) рядов свай и околосвайного грунта при действии горизонтальной нагрузки *H*, вызывающей горизонтальное перемещение свай в уровне поверхности грунтового массива равное Δ = 10 мм: А – одиночная свая; Б – ряд из 2 свай; В – ряд из 4 свай; Г – ряд из 6 свай; Д – ряд из 8 свай; Е – ряд из 12 свай

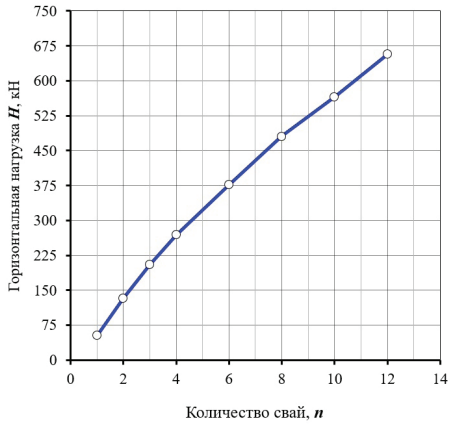


Рис. 7. График зависимости горизонтальных нагрузок *H*, кН от количества свай *n*

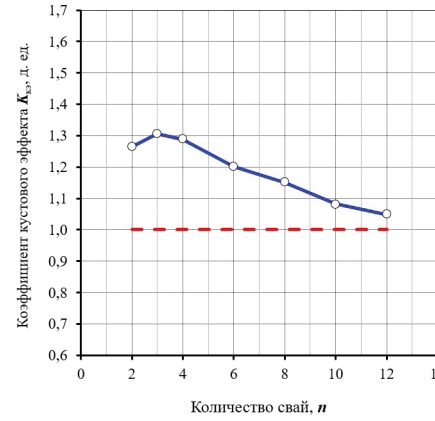


Рис. 8. График зависимости коэффициента кустового эффекта $K_{кэ}$ от количества свай *n*

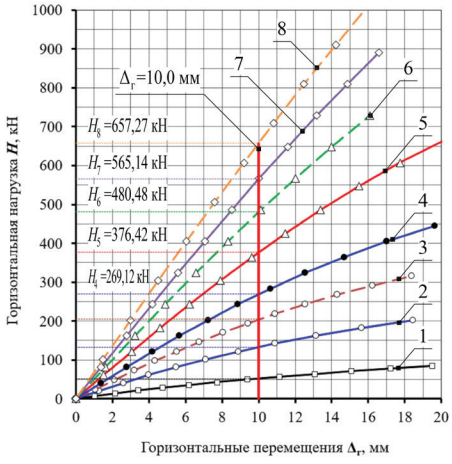


Рис. 9. Зависимость горизонтальных перемещений $\Delta_г$, мм от горизонтальных нагрузок *H*, кН: 1–8 – расчетные модели № 1–8

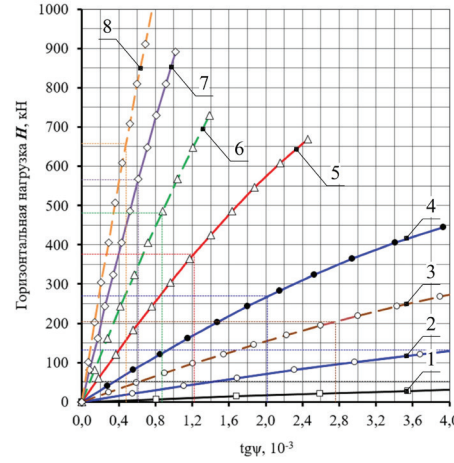


Рис. 10. Зависимость крена tgψ, 10^{-3} от горизонтальных нагрузок *H*, кН: 1–8 – расчетные модели № 1–8

В результате выполненных исследований работы однорядных свайных фундаментов было установлено:

1. Качественная картина работы горизонтально нагруженных моделей свайных фундаментов в полной мере соответствует работе свайных фундаментов в натурных испытаниях горизонтальными нагрузками [2]. При этом моделируемые фундаменты испытывают: 1) горизонтальные перемещения, развивающиеся в результате податливости основания и конечной жесткости свай, и 2) крен, возникающий из-за осадки свай, работающих на вдавливающую нагрузку, и из-за вертикальных перемещений свай, работающих на выдергивающую нагрузку (рис. 3–6 цв. вклейки).

2. Естественно, что при увеличении количества свай в ряду с 2 до 12 предельное значение горизонтальной нагрузки, допускаемой на фундамент H, увеличивается (рис. 7 цв. вклейки), однако при этом среднее значение горизонтальной нагрузки $H_{ср}$, приходящейся на одну сваю в фундаментах, уменьшается (табл. 3).

3. Величина коэффициента кустового эффекта $K_{кэ}$, определяемого по формуле (1) и учитывающего взаимное влияние свай при жесткой заделке голов свай в ростверке, в свайных ленточных фундаментах с однорядным расположением свай, больше единицы. Вместе с тем величина $K_{кэ}$, не являясь величиной постоянной, по мере увеличения количества свай в фундаменте, постепенно снижается, асимптотически приближаясь к единице (табл. 3 и рис. 8 цв. вклейки). Таким образом, увеличение количества свай в однорядных свайных фундаментах не приводит к снижению их несущей способности.

$$K_{кэ} = H/n \cdot H_0 , \qquad (1)$$

где H – сопротивление горизонтально нагруженного фундамента и H_0 – сопротивление горизонтальной нагрузке одиночной сваи со свободной головой при предельном горизонтальном перемещении свай в уровне поверхности грунта; n – количество свай в фундаменте.

4. Среднее значение горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваю в однорядных фундаментах из 3 и 4 свай, по сравнению с рядом из 2 свай (66,12 кН), увеличивается (табл. 3 и рис. 8 цв. вклейки).

Таблица 3

Результаты исследований работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные, действующие вдоль рядов свай, в программном комплексе “*MIDAS*”

Расчетная модель	Количество свай в ряду n	Горизонтальная нагрузка H, кН	Средняя несущая способность сваи в ряду $H_{ср}$, кН	Коэффициент кустового эффекта $K_{кэ}$, д. ед.
1	1	52,24	52,24	–
2	2	132,24	66,12	1,266
3	3	204,61	68,20	1,306
4	4	269,12	67,28	1,288
5	6	376,42	62,74	1,201
6	8	480,48	60,06	1,150
7	10	565,14	56,51	1,082
8	12	657,27	54,77	1,048

1) в ряду из 3 свай – с 66,12 до 68,20 кН (+ 3,2 %);

2) в ряду из 4 свай – с 66,12 до 67,28 кН (+ 1,8 %).

При увеличении количества свай в ряду с 6 до 12 происходит снижение средней величины горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваю (табл. 3 и рис. 8 цв. вклейки):

1) в ряду из 6 свай – с 66,12 до 62,74 кН (- 5,1 %);

2) в ряду из 8 свай – с 66,12 до 60,06 кН (- 9,2 %);

3) в ряду из 10 свай – с 66,12 до 56,51 кН (- 14,5 %);

4) в ряду из 12 свай – с 66,12 до 54,77 кН (- 17,2 %).

5. Увеличение количества свай в ряду приводит к увеличению жесткости свайно-грунтовой диафрагмы в плоскости действия горизонтальной нагрузки (рис. 9 цв. вклейки), в результате чего устойчивость фундамента увеличивается, а крен фундамента (рис. 10 цв. вклейки) соответственно уменьшается (по сравнению с одиночной сваей со свободной головой $tg\psi = 7{,}15 \cdot 10^{-3}$) в:

1) 1,7 раза в ряду из 2 свай с $tg\psi = 4{,}10 \cdot 10^{-3}$;

2) 2,6 раза в ряду из 3 свай с $tg\psi = 2{,}76 \cdot 10^{-3}$;

3) 3,5 раза в ряду из 4 свай с $tg\psi = 2{,}02 \cdot 10^{-3}$;

4) 5,9 раза в ряду из 6 свай с $tg\psi = 1{,}22 \cdot 10^{-3}$;

5) 8,2 раза в ряду из 8 свай с $tg\psi = 0{,}87 \cdot 10^{-3}$;

6) 11,7 раза в ряду из 10 свай с $tg\psi = 0{,}61 \cdot 10^{-3}$;

7) 14,9 раза в ряду из 12 свай с $tg\psi = 0{,}48 \cdot 10^{-3}$.

6. Горизонтальная нагрузка, передающаяся на ленточный фундамент, распределяется между сваями, объединенными жестким недеформируемым ростверком, неравномерно. Наибольшие нагрузки приходятся на первую (лидирующую) и на последнюю (замыкающую ряд) сваи, горизонтальные же нагрузки, приходящиеся на сваи, расположенные между крайними сваями, не превышают средней величины (рис. 5). При этом первая свая в ряду работает на максимальную вдавливающую нагрузку, а последняя свая работает на максимальную выдергивающую нагрузку.

7. Средняя величина предельной горизонтальной нагрузки, воспринимаемой сваями в фундаментах из линейно расположенных призматических свай, больше предельной нагрузки, воспринимаемой одиночной сваей со свободной головой, что является следствием: 1) жесткой заделки голов свай в ростверки и 2) взаимовлияния свай в ряду при их совместной работе.

8. Разработанная авторами модель системы «свайный фундамент – грунтовое основание», позволяющая исследовать работу горизонтально нагруженных свайных фундаментов в условиях максимально приближенных к натурным, может быть использована при проектировании свайных фундаментов объектов различного назначения.

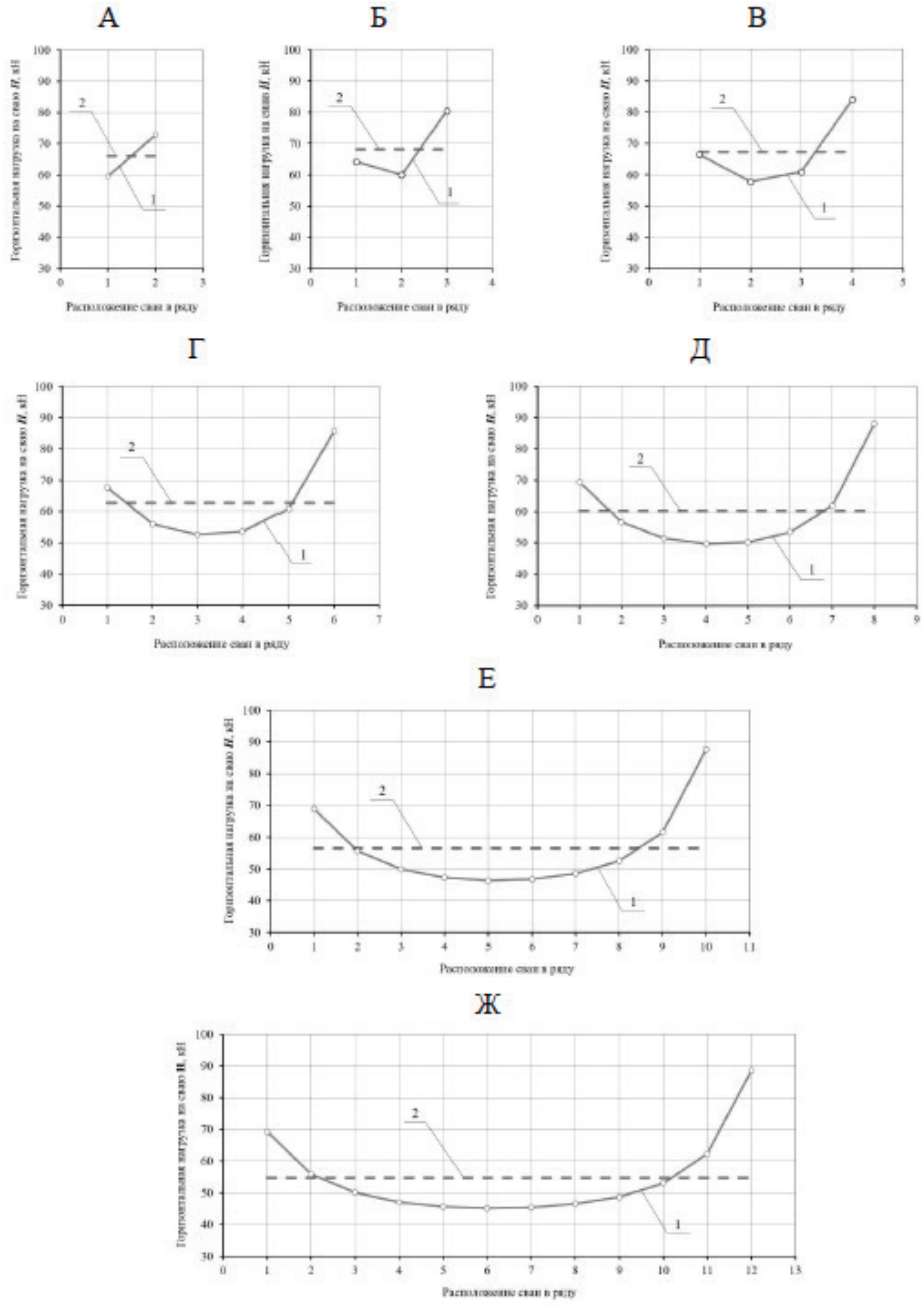


Рис. 5. Фундаменты из: А – 2 свай; Б – 3 свай; В – 4 свай; Г – 6 свай; Д – 8 свай, Е – 10 свай; Ж – 12 свай; 1 – распределение горизонтальной нагрузки, передающейся на фундамент, между сваями; 2 – среднее значение горизонтальной нагрузки на одну сваю

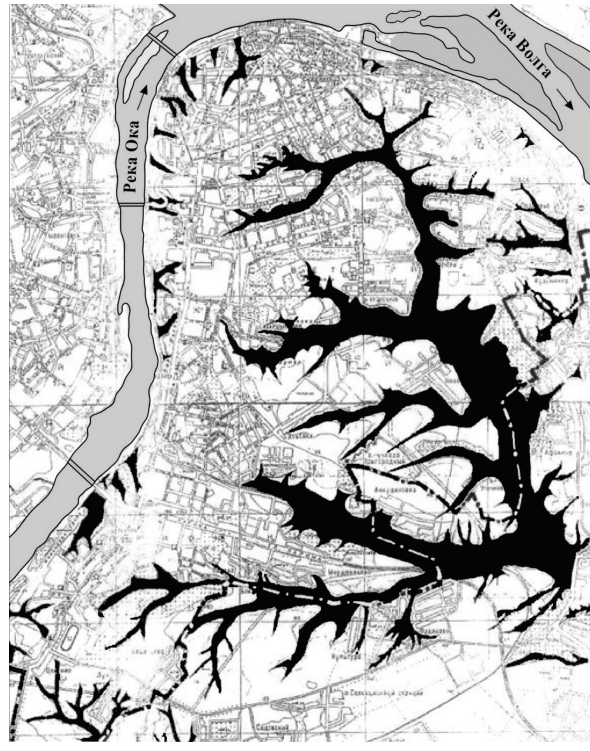


Рис. 6. Схема эрозионного расчленения нагорной части Нижнего Новгорода

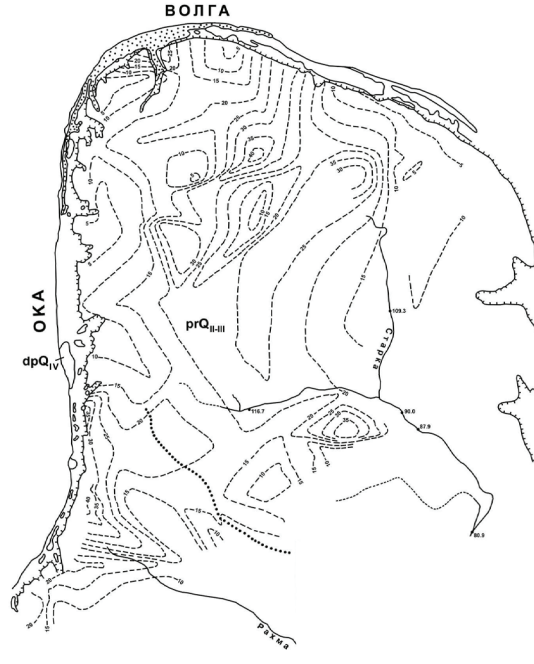


Рис. 7. Схема распространения лессовых пород в нагорной части Нижнего Новгорода [6]

В заключение следует отметить, что причинами предпринятых авторами исследований являются:

1. Проблемы, возникшие при строительстве и эксплуатации ряда объектов на территории Нижнего Новгорода, нагорная часть которого, расположенная в пределах Волжско-Окского междуречья, ограниченная склонами высотой от 74 м на волжском берегу и высотой до 135 м на окском берегу, прорезана многочисленными оврагами как выходящими к рекам Волге и Оке, так и расположенными в отдалении от речных склонов (рис. 6).

2. Лессовые породы проблематичного генезиса четвертичной системы на территории Нижнего Новгорода, залегающие сплошным однообразным покровом мощностью до 15-30 м и более, покрывающие правобережья рек Оки и Волги, подстилающиеся коренными пестроцветными отложениями татарского яруса пермской системы (рис. 7). Характеристики физико-механических свойств лессовых пород в природном состоянии: удельный вес грунта γ = 16,5–18,2 кН/м^3, влажность W = 7,5–20 %, коэффициент пористости e = 0,56–1,1 (преимущественно e = 0,85–0,95), угол внутреннего трения φ = 18–29 °, удельное сцепление c = 10–50 кПа, модуль деформации E = 3–10 МПа [6].

3. Недостаточная изученность работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, действующие вдоль рядов свай.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Верификационный отчет по программному комплексу MIDAS GTS. Том 1. Общие сведения. Матрица верификации. – Москва : Подземпроект, 2012. – 88 с. – Текст : непосредственный.

2. Григорьев, Ю. С. Компьютерная модель работы висячей призматической сваи в массиве глинистого грунта / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2022. – № 1 (61). – С. 36–41.

3. Григорьев, Ю. С. Верификация компьютерной модели забивной призматической сваи в многослойном грунтовом основании / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2022. – № 2 (62). – С. 79–84.

4. Григорьев, Ю. С. Верификация и валидация геомеханической модели грунтового основания деформирующегося здания / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород, 2018. – № 3 (47). – С. 16–22.

5. Григорьев, Ю. С. О теоретических основах прогнозирования процессов подтопления территорий градостроительства в сложных инженерно-геологических условиях / Ю. С. Григорьев, И. Н. Гришина ; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2002. – 124 с.

6. Финаев, И. В. Инженерно-геологическая оценка лессовых пород / И. В. Финаев, Г. И. Домрачев, Э. Г. Рудченко. – Москва : Недра, 1985. – 144 с.

GRIGOREV Yury Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; FATEEV Valery Valerevich, associate professor of the chair of architecture

INVESTIGATIONS OF THE FUNCTION OF TAPE PILE FOUNDATIONS ON HORIZONTAL LOADS ACTING ALONG ROWS OF PILES IN THE SOFTWARE PACKAGE “MIDAS GTS NX”

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru
Key words: computer models, ground base, rows of prismatic piles, horizontal loads and displacements.

The article presents the results of studies of horizontally loaded pile foundations with linearly arranged prismatic piles in the "MIDAS GTS NX" software package. It is advisable to use the methodology and results of the performed studies in the design of pile foundations.

REFERENCES

1. Verifikatsionny otchyot po programmnomu kompleksu MIDAS GTS. Tom 1. Obschie svedeniya. Matritsa verifikatsii [MIDAS GTS Software Complex Verification Report. Volume 1. General information. Verification matrix]. Moscow : Podzemproekt, 2012. 88 p.

2. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Computernaya model raboty visyachey prismaticheskoy svai v massive glinistogo grunta [Computer model of the operation of a hanging prismatic pile in an array of clay soil]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 1 (61). P. 36–41.

3. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya computernoy modeli zabivnoy prizmaticheskoy svai v mnogosloynom gruntovom osnovanii [Verification of a computer model of a driven prismatic pile in a multilayer soil base]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 2 (62). P. 79–84.

4. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya i validatsiya geomekhanicheskoy modeli gruntovogo osnovaniya deformiruyuschegosya zdaniya [Verification and validation of a geomechanical model of a soil basis of a deforming building]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 3. P. 16–22.

5. Grigorev Yu. S., Grishina I. N. O teoreticheskikh osnovakh prognozirovaniya protsessov podtopleniya territiriy gradostroitelstva v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh [On the theoretical foundations of forecasting the processes of flooding of urban planning territories in complex engineering and geological conditions] / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod : NNGASU, 2002. – 124 p.

6. Finaev I. V., Domrachev G. I., Rudchenko E. G. Inzhenerno-geologicheskaya otsenka lessovykh porod [Engineering-geological assessment of loess rocks] / Moscow : Nedra, 1985. – 144 p.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2022
Получено: 01.10.2022 г.

УДК 624.154.1

В. В. ФАТЕЕВ, инженер, ст. преподаватель кафедры архитектуры

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ ПОПЕРЕК РЯДОВ СВАЙ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ “MIDAS GTS NX”

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57; эл. почта: valeriy-fateev@rambler.ru
Ключевые слова: математические модели, грунтовый массив, ряды призматических свай, горизонтальные нагрузки, предельная нагрузка на сваю.

Приводятся результаты исследований горизонтально нагруженных ленточных свайных фундаментов с линейно расположенными призматическими сваями в программном комплексе “MIDAS GTS NX”.

Результаты исследований работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, действующие поперек рядов свай, представленные в настоящей статье, являются частью целого комплекса исследований по математическому моделированию работы ленточных свайных фундаментов, использующихся в подпорных сооружениях, воспринимающих горизонтальные нагрузки.

Использовавшаяся в исследованиях модель системы «свайный фундамент – грунтовое основание», неоднократно апробированная в соответствии с методикой, подробно описанной в нескольких работах, позволила исследовать работу системы «свайный фундамент – грунтовое основание» в условиях максимально приближенных к натурным [1–3].

В выполненных исследованиях использовались математические модели свайных фундаментов с высоким ростверком, с разным количеством свай в ряду, длина свай 6 м, расположенных с шагом 0,9 м (табл. 1, рис. 1, 2 цв. вклейки).

Таблица 1

Характеристика компьютерных моделей фундаментов

Номер расчетной модели	Количество свай в ряду	Шаг свай	Горизонтальная нагрузка	Тип ростверка
1	Одиночная свая со свободной головой			
2	2	*3d*	Вдоль ряда / поперек ряда (рис. 3–7 цв. вклейки)	Высокий
3	3			
4	4			
5	6			
6	8			
7	10			
8	12			

В результате выполненных исследований было установлено:

1. Качественная картина работы горизонтально нагруженных моделей свайных фундаментов в полной мере соответствует работе свайных фундаментов в натурных испытаниях горизонтальными нагрузками [2].

2. С увеличением количества свай в ряду с 2 до 12 предельное значение горизонтальной нагрузки, допускаемой на свайный фундамент H, увеличивается (рис. 9, 11 цв. вклейки), однако, при этом среднее значение предельной горизонтальной нагрузки $H_{ср}$, приходящейся на одну сваю, уменьшается (табл. 2).

3. Величина коэффициента кустового эффекта $K_{кэ}$, определяемого по формуле (1), учитывающего взаимное влияние свай при жесткой заделке голов свай в ростверке, в свайных ленточных фундаментах с однорядным расположением свай меньше единицы. Вместе с тем величина $K_{кэ}$, не являясь величиной постоянной, по мере увеличения количества свай в фундаменте, постепенно снижается, асимптотически приближаясь к 0,7 (табл. 2, рис. 10 цв. вклейки).

$$K_{кэ} = H/n \cdot H_0 , \quad (1)$$

где H – сопротивление горизонтально нагруженного фундамента и H_0 – сопротивление горизонтальной нагрузке одиночной сваи со свободной головой при предельном горизонтальном перемещении свай в уровне поверхности грунта; n – количество свай в фундаменте.

Таблица 2

Результаты исследований работы ленточных свайных фундаментов на горизонтальные, действующие поперек рядов свай, в программном комплексе “*MIDAS*”

Расчетная модель	Количество свай в ряду n	Горизонтальная нагрузка H, кН	Средняя величина нагрузки на одну сваю $H_{ср}$, кН	Коэффициент кустового эффекта $K_{кэ}$, д. ед.
1	1	52,24	52,24	-
2	2	102,10	51,05	0,977
3	3	144,12	48,04	0,920
4	4	182,94	45,74	0,876
5	6	259,82	43,30	0,829
6	8	333,55	41,69	0,798
7	10	399,52	39,95	0,765
8	12	468,71	39,06	0,748

4. Среднее значение горизонтальной нагрузки, приходящейся на одну сваю, при увеличении количества свай в поперечно нагруженных однорядных фундаментах с 2 до 12 снижается следующим образом (табл. 2, рис. 8 цв. вклейки):

1) в ряду из 2 свай – с 52,24 до 51,05 кН (- 2,3 %);
2) в ряду из 3 свай – с 52,24 до 48,04 кН (- 8,0 %);
3) в ряду из 4 свай – с 52,24 до 45,74 кН (- 12,4 %);
4) в ряду из 6 свай – с 52,24 до 43,30 кН (- 17,1 %);
5) в ряду из 8 свай – с 52,24 до 41,69 кН (- 20,2 %);
6) в ряду из 10 свай – с 52,24 до 39,95 кН (- 23,5 %);
7) в ряду из 12 свай – с 52,24 до 39,06 кН (- 25,2%).

5. Коэффициенты кустового эффекта при действии нагрузки на фундаменты вдоль и поперек ряда свай существенно различаются по величине, что обусловлено различной степенью взаимного влияния свай. В отличие от однорядных свайных фундаментов с нагрузкой вдоль ряда увеличение количества свай в рассматриваемых случаях приводит к снижению предельной, допускаемой на сваи нагрузки (табл. 3, рис. 1–4).

К СТАТЬЕ В. В. ФАТЕЕВА «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ ПОПЕРЕК РЯДОВ СВАЙ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ “MIDAS GTS NX”

А Б

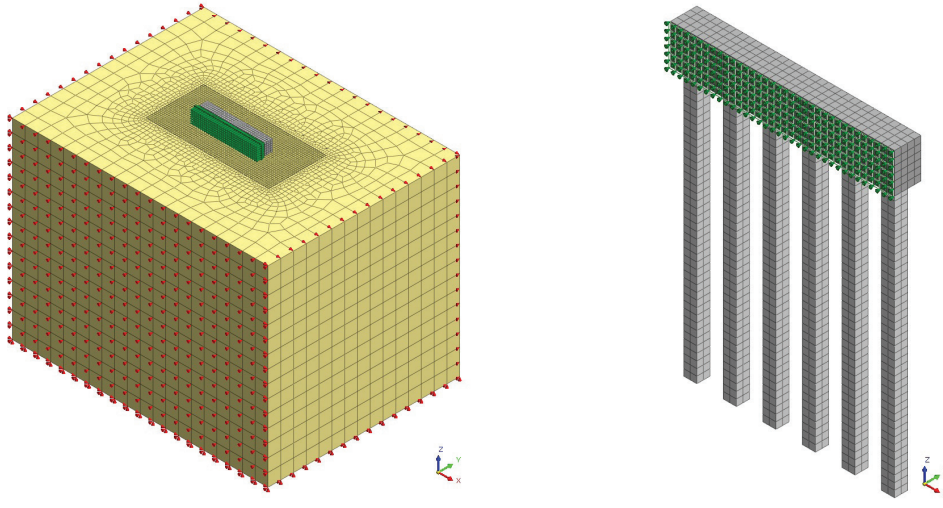


Рис. 1. Компьютерные модели расчетной области грунтового массива (А) и однорядного свайного фундамента из 6 свай (Б)

А Б

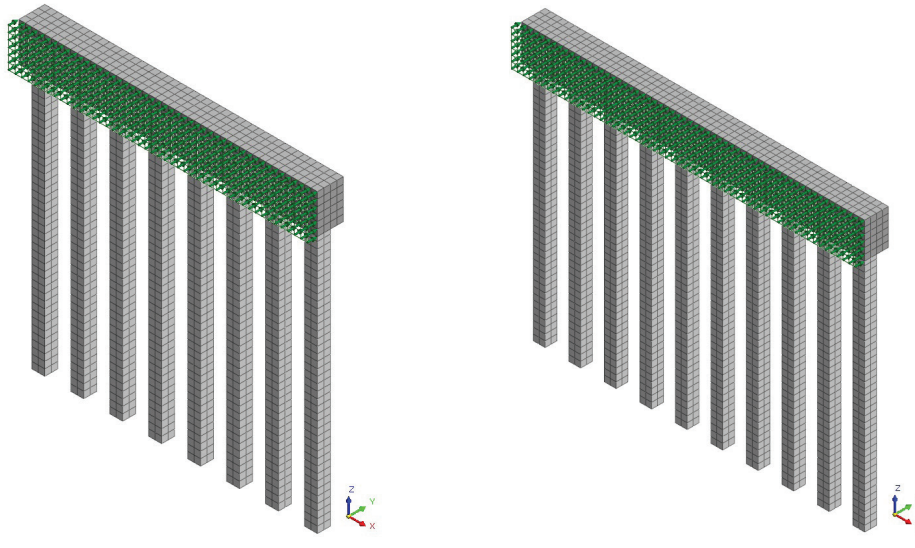
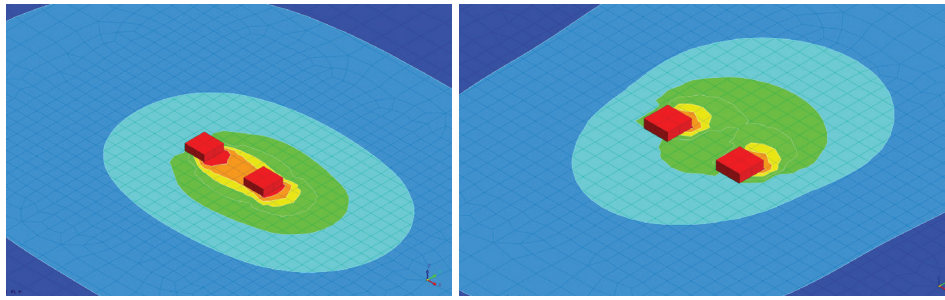


Рис. 2. Компьютерные модели однорядных свайных фундаментов из 8 свай (А) и из 10 свай (Б)

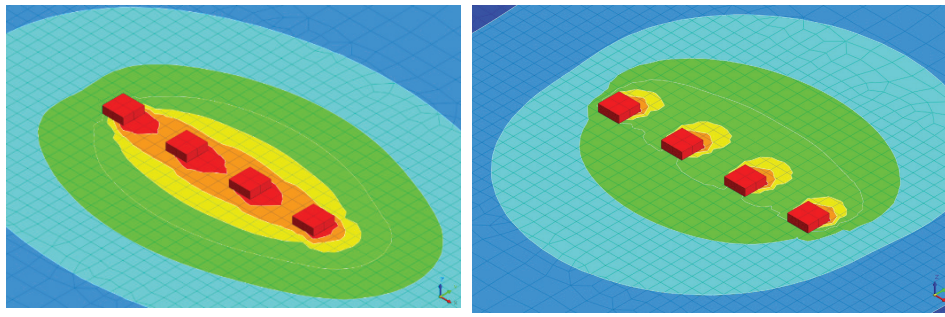
А Б



Расчетные модели № 2 (ряд из 2 свай)

Рис. 3. Изополя горизонтальных перемещений фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальных нагрузок *H*, вызывающих горизонтальные перемещения $\Delta_г$ = 10 мм вдоль (А) и поперек (Б) рядов свай

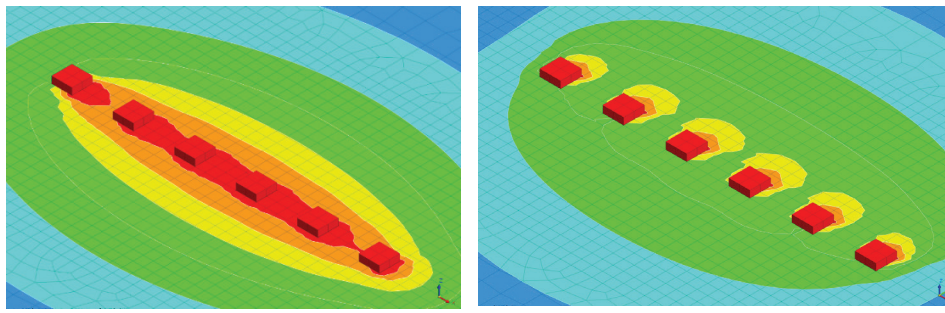
А Б



Расчетные модели № 4 (ряд из 4 свай)

Рис. 4. Изополя горизонтальных перемещений фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальных нагрузок Н, вызывающих горизонтальные перемещения Δг = 10 мм вдоль (А) и поперек (Б) рядов свай

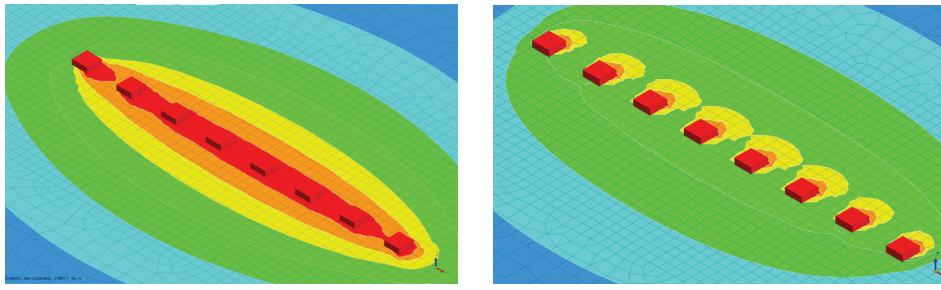
А Б



Расчетные модели № 5 (ряд из 6 свай)

Рис. 5. Изополя горизонтальных перемещений фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальных нагрузок *H*, вызывающих горизонтальные перемещения $\Delta_г$ = 10 мм вдоль (А) и поперек (Б) рядов свай

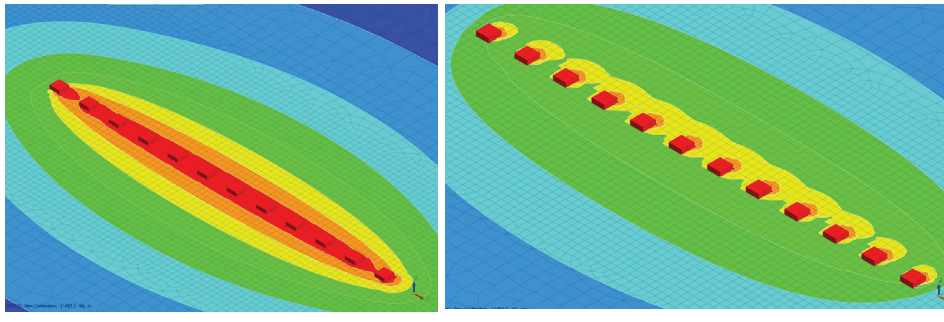
А Б



Расчетные модели № 6 (ряд из 8 свай)

Рис. 6. Изополя горизонтальных перемещений фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальных нагрузок *H*, вызывающих горизонтальные перемещения $\Delta_г$ = 10 мм вдоль (А) и поперек (Б) рядов свай

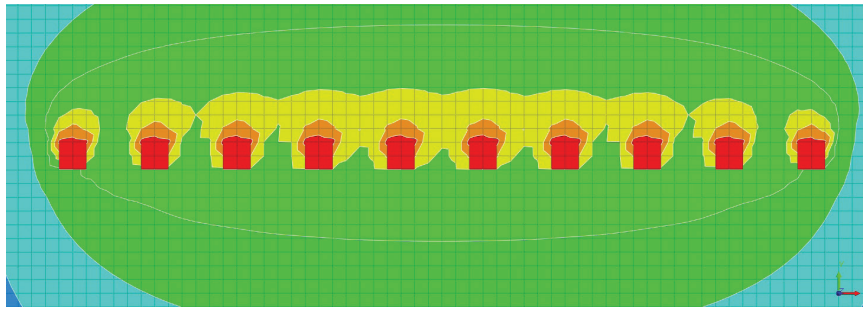
А Б



Расчетные модели № 8 (ряд из 12 свай)

Рис. 7. Изополя горизонтальных перемещений фундаментов и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальных нагрузок *H*, вызывающих горизонтальные перемещения $\Delta_г$ = 10 мм вдоль (А) и поперек (Б) рядов свай

А Б



Расчетная модель № 8 (ряд из 12 свай)

Рис. 8. Изополя горизонтальных перемещений фундамента и околосвайного грунта в уровне поверхности грунтового массива при действии горизонтальной нагрузки *H*, вызывающей горизонтальные перемещения $\Delta_г$ = 10 мм поперек (Б) ряда свай

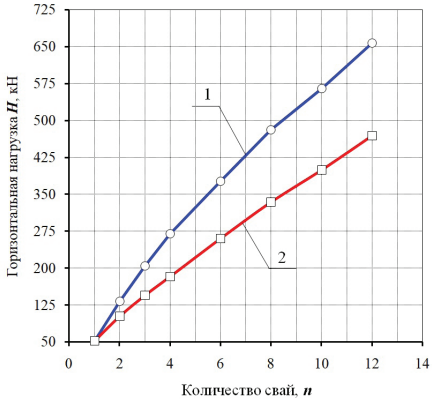


Рис. 9. Графики зависимости предельных горизонтальных нагрузок *H*, кН от количества свай *n*: 1 – при действии нагрузки вдоль ряда; 2 – при действии нагрузки в поперечном направлении

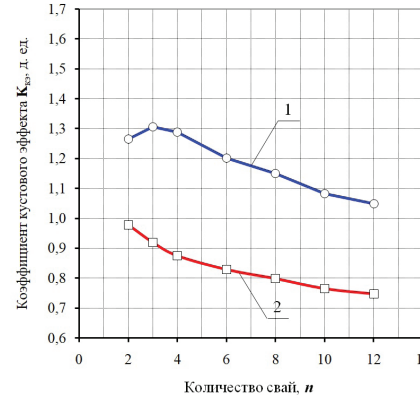


Рис. 10. Графики зависимости коэффициента кустового эффекта $К_{кэ}$ от количества свай *n*: 1 – при действии нагрузки вдоль ряда; 2 – при действии нагрузки в поперечном направлении

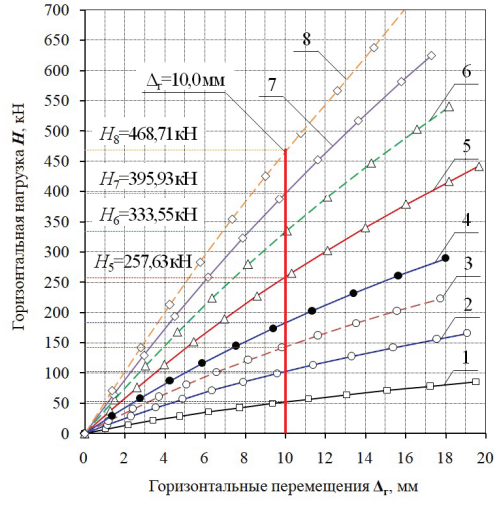


Рис. 11. Зависимость горизонтальных перемещений $\Delta_г$, мм от горизонтальных нагрузок *H*, кН: 1–8 – расчетные модели № 1–8

Таблица 3

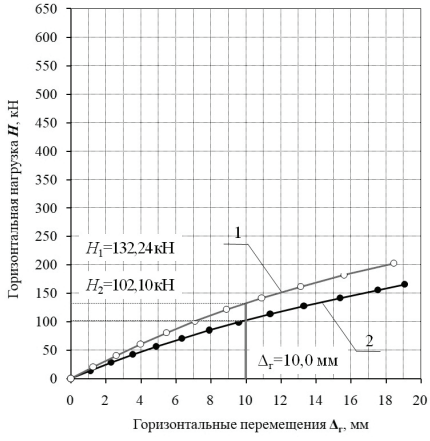
Коэффициенты кустового эффекта $K_{кэ}$

Количество свай в фундаменте, n	Коэффициент кустового эффекта $K_{кэ}$, д. ед.	
	Нагрузка вдоль ряда	Нагрузка поперек ряда
2	1,266	0,977
3	1,306	0,920
4	1,288	0,876
6	1,201	0,829
8	1,150	0,798
10	1,082	0,765
12	1,048	0,748

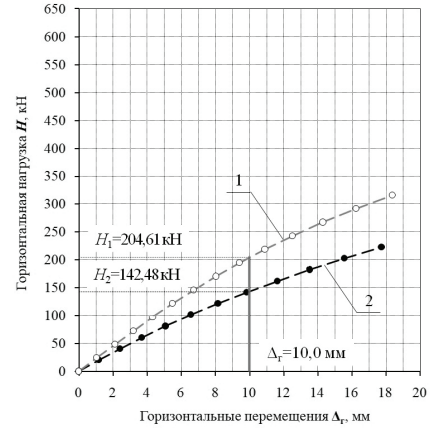
6. Средняя величина предельной поперечной горизонтальной нагрузки, воспринимаемой сваями в фундаментах из линейно расположенных призматических свай, меньше предельной нагрузки, воспринимаемой одиночной сваей со свободной головой (рис. 5).

7. Распределение горизонтальной нагрузки, действующей поперек ряда, более равномерное по отдельным сваям по сравнению с распределением нагрузки по сваям при действии нагрузки вдоль рядов свай.

А



Б

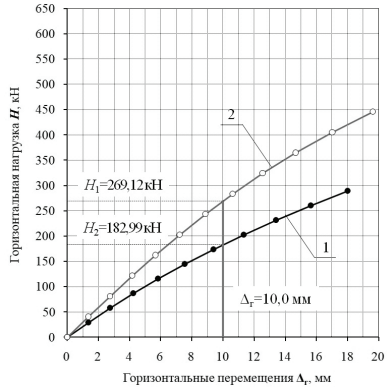


Расчетная модель № 2 (ряд из 2 свай)

Расчетная модель № 3 (ряд из 3 свай)

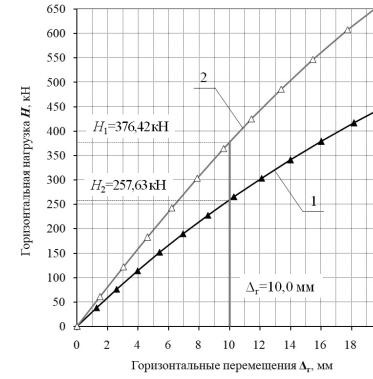
Рис. 1. Зависимости горизонтальных перемещений $\Delta_г$, мм от горизонтальных нагрузок H, кН: 1 – вдоль ряда и 2 – поперек ряда; $\Delta_г$ = 10 мм – предельная величина горизонтального перемещения свай

В



Расчетная модель № 4 (ряд из 4 свай)

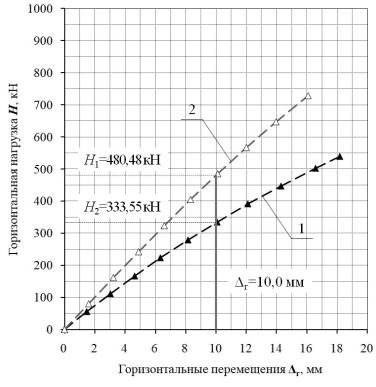
Г



Расчетная модель № 5 (ряд из 6 свай)

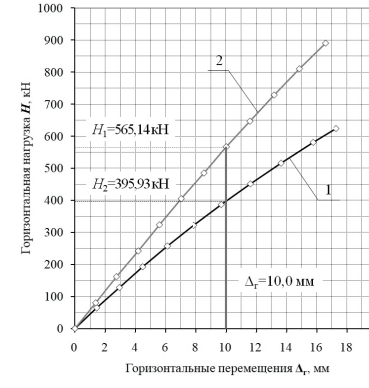
Рис. 2. Зависимости горизонтальных перемещений $\Delta_г$, мм от горизонтальных нагрузок H, кН: 1 – вдоль ряда и 2 – поперек ряда; $\Delta_г$ = 10 мм – предельная величина горизонтального перемещения свай

Д



Расчетная модель № 6 (ряд из 8 свай)

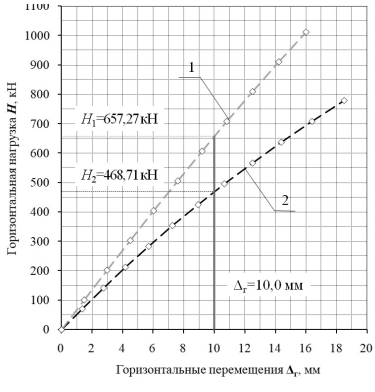
Е



Расчетная модель № 7 (ряд из 10 свай)

Рис. 3. Зависимости горизонтальных перемещений $\Delta_г$, мм от горизонтальных нагрузок H, кН: 1 – вдоль ряда и 2 – поперек ряда; $\Delta_г$ = 10 мм – предельная величина горизонтального перемещения свай

Ж



Расчетная модель № 8 (ряд из 12 свай)

Рис. 4. Зависимости горизонтальных перемещений $\Delta_г$, мм от горизонтальных нагрузок H, кН: 1 – вдоль ряда и 2 –поперек ряда; $\Delta_г$ = 10 мм – предельная величина горизонтального перемещения свай

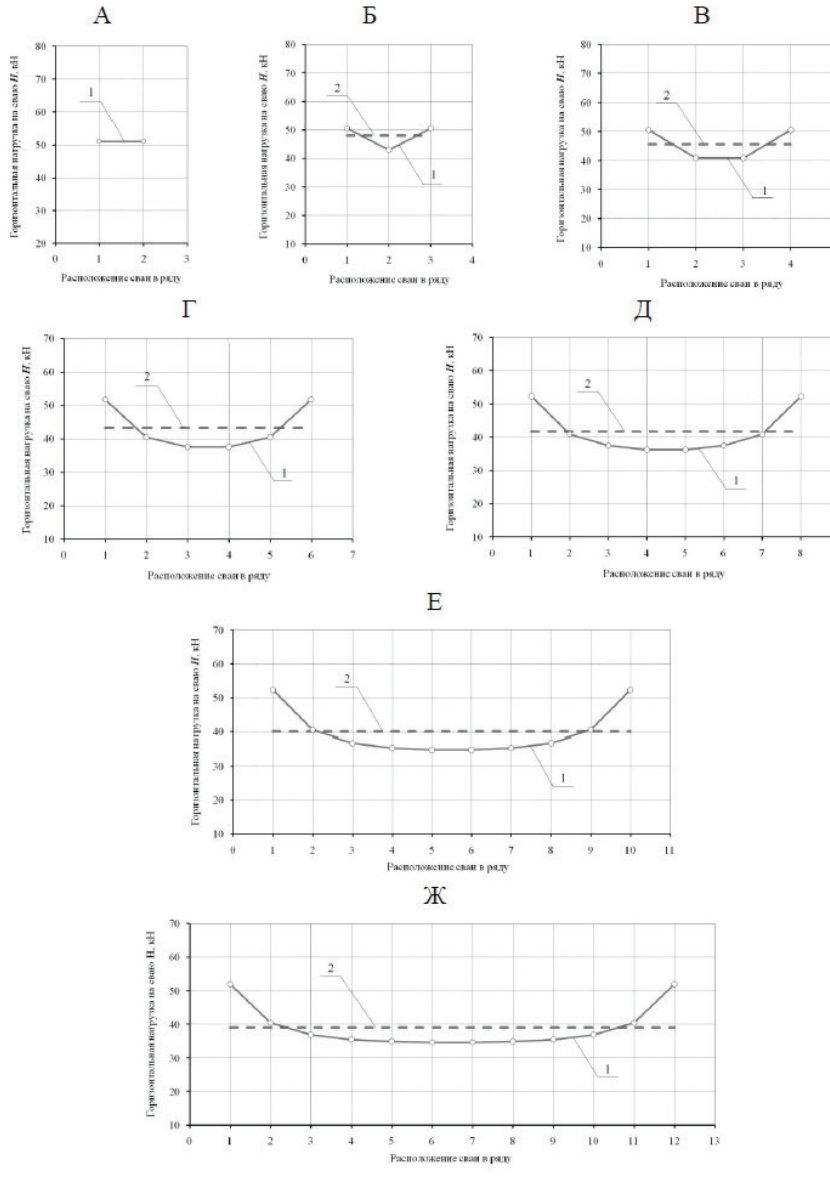


Рис. 5. Фундаменты из: А – 2 свай; Б – 3 свай; В – 4 свай; Г – 6 свай; Д – 8 свай; Е – 10 свай; Ж – 12 свай: 1 – распределение горизонтальной нагрузки, передающейся на фундамент между сваями; 2 – среднее значение горизонтальной нагрузки на одну сваю

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев, Ю. С. Компьютерная модель работы висячей призматической сваи в массиве глинистого грунта / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1 (61). – С. 36–41.

2. Григорьев, Ю. С. Верификация компьютерной модели забивной призматической сваи в многослойном грунтовом основании / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитек-

турно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 2 (62). – С. 79–84.

3. Григорьев, Ю. С. Верификация и валидация геомеханической модели грунтового основания деформирующегося здания / Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 3 (47). – С. 16–22.

FATEEV Valery Valerevich, engineer, senior teacher of the chair of architecture

MATHEMATICAL MODELING OF THE FUNCTION OF TAPE PILE FOUNDATIONS ON HORIZONTAL LOADS ACTING ACROSS ROWS OF PILES IN THE SOFTWARE PACKAGE "*MIDAS GTS NX*"

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: valeriy-fateev@rambler.ru
Key words: mathematical models, soil massif, rows of prismatic piles, horizontal loads, limit load on a pile.

The article presents the results of studies of horizontally loaded pile foundations with linearly arranged prismatic piles in the "MIDAS GTS NX" software package.

REFERENCES

1. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Komputernaya model raboty visyachey prismaticheskoy svai v massive glinistogo grunta [Computer model of the operation of a hanging prismatic pile in an array of clay soil]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 1 (61). P. 36–41.

2. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya komputernoy modeli zabivnoy prizmaticheskoy svai v mnogosloynom gruntovom osnovanii [Verification of a computer model of a driven prismatic pile in a multilayer soil base]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2022. № 2 (62). P. 79–84.

3. Grigorev Yu. S., Fateev V. V. Verifikatsiya i validatsiya geomekhanicheskoy modeli gruntovogo osnovaniya deformiruyuschegosya zdaniya [Verification and validation of a geomechanical model of a soil basis of a deforming building]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 3. P. 16–22.

© В. В. Фатеев, 2022
Получено: 07.10.2022 г.

УДК 69.059.2

Ю. С. ГРИГОРЬЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры; В. В. ФАТЕЕВ, инженер, ст. преподаватель кафедры архитектуры

ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИИ НАРУЖНЫХ СТЕН И ОБРУШЕНИЯ ЧАСТИ ДВУХЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57; эл. почта: yus-gri@rambler.ru, valeriy-fateev@rambler.ru
Ключевые слова: жилой дом, строительные конструкции, деформации, обрушение.

Приводятся результаты анализа причин деформации и обрушения части двухэтажного жилого дома, произошедшего во время производства работ по реконструкции фундаментов.

В настоящей работе представлены результаты обследований жилого дома, расположенного в городе Бор Нижегородской области. Обследования были выполнены авторами с целью определения причины обрушения части здания, произошедшего в процессе производства работ по усилению фундаментов.

Жилой дом был построен в 1952 году по проекту 1-201-9 типовой серии малоэтажных жилых домов, разработанной в архитектурно-проектной мастерской им. академика В. А. Веснина архитекторами Маслихом С. А. и Никифоровой Н. В. Дом 2-этажный, 8-квартирный, 2-подъездный, без подвала, бескаркасный, с кирпичными стенами, деревянными перекрытиями, деревянными лестницами и деревянной вальмовой стропильной крышей (рис. 1–6 и 1–3 цв. вклейки). Размеры здания в плане 10,7×26,2 м, высота надземной части (стен дома) – 6,4 м.

До начала производства работы по усилению фундаментов несколькими подрядными организациями были выполнены в несколько этапов: 1) обследования дома; 2) инженерно-геологические изыскания; 3) разработка рекомендаций и проекта усиления строительных конструкций. Рассмотрим результаты этих работ по порядку.

Этап 1. Работы первого этапа были выполнены подрядной организацией в весьма ограниченном объеме, а именно: 1) визуальные обследования надземной части здания; 2) разработка рекомендаций по усилению наружной стены главного фасада.

Визуальными обследованиями было установлено, что наружные как продольные, так и торцовые стены деформируются и разрушаются с образованием трещин, рассекающих стены по всей высоте здания (рис. 1–6 и 1–3 цв. вклейки). Результатом обследований стали разработанные подрядчиком рекомендации по локальным усилениям стены главного фасада, ориентированной по оси «А», только в пределах 2-го этажа (рис. 2, 5, 6), что, вероятно, по замыслу разработчиков должно было исключить обрушение стены. Остальные деформирующиеся стены, по мнению специалистов подрядной организации, в усилении не нуждались. Однако следует заметить, что разработчики рекомендаций не обратили внимания на: 1) весьма необычный, редко встречающийся характер расположения и развития трещин; 2) одинаковое по величине раскрытие трещин по всей их длине; 3) отсутствие в стенах наклонных трещин; 4) отсутствие отклонения стен из вер-

тикальной плоскости.

К счастью, рекомендации подрядчика не были выполнены. Дело в том, что в качестве основы для своей работы подрядчик принял информацию и чертежи планов этажей из технического паспорта БТИ, в котором: 1) не было сведений о конструкциях как наружных, так и внутренних стен дома; 2) на планах внутренние поперечные несущие стены были показаны как деревянные перегородки, тогда как было установлено впоследствии, что это не соответствовало действительности (рис. 5, 6).

Разработчики рекомендаций по усилению стены фасада предложили располагать тяжи из гладких арматурных стержней вдоль перегородок, расположенных по осям «3», «6» и «9» (рис. 5, 6), которые при преднапряжении тяжей обязательно деформировались бы и даже разрушились, и вместе с перегородками стали бы разрушаться и наружные стены, выполненные из облегченной колодцевой кладки, что было установлено после обрушения.

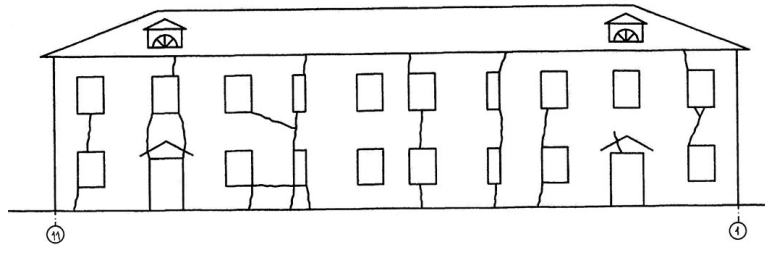


Рис. 1. Стена, ориентированная по оси «В» (рис. 5). Схема расположения трещин (составлена подрядчиком)

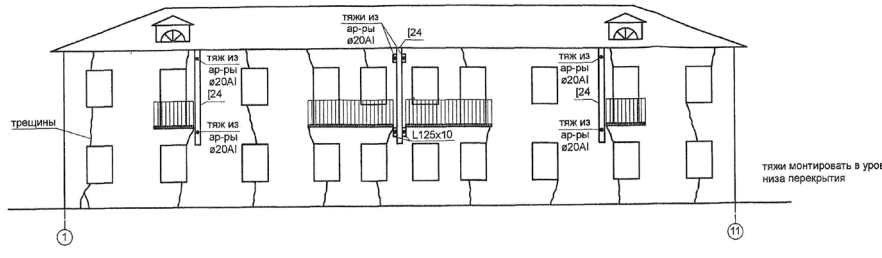


Рис. 2. Стена главного фасада, ориентированная по оси «А». Схема расположения трещин и элементов усиления стены (составлена подрядчиком)

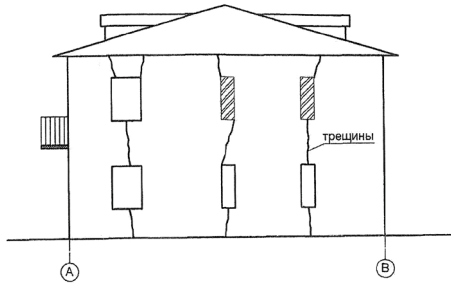


Рис. 3. Торцовая стена, ориентированная по оси «1». Схема расположения трещин (составлена подрядчиком).

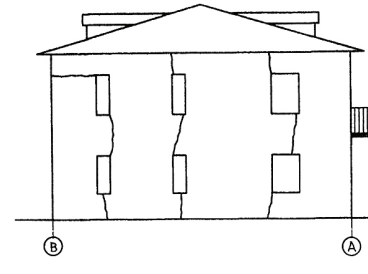


Рис. 4. Торцовая стена, ориентированная по оси «11». Схема расположения трещин (составлена подрядчиком

К СТАТЬЕ Ю. С. ГРИГОРЬЕВА, В. В. ФАТЕЕВА «ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИИ НАРУЖНЫХ СТЕН И ОБРУШЕНИЯ ЧАСТИ ДВУХЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА»

Рис. 1. Дом № 10 на ул. Махалова, стена дворового фасада. Трещины рассекают стену по всей высоте в вертикальных створах, проходящих через пары оконных проемов 1-го и 2-го этажей, расположенных друг над другом (рис. 2, 3 цв. вклейки)

Рис. 2. Трещины в вертикальных створах оконных и дверного проемов, рассекающие продольную стену по всей высоте на участке в осях «В/9-7». Раскрытие всех трещин одинаковое по всей длине

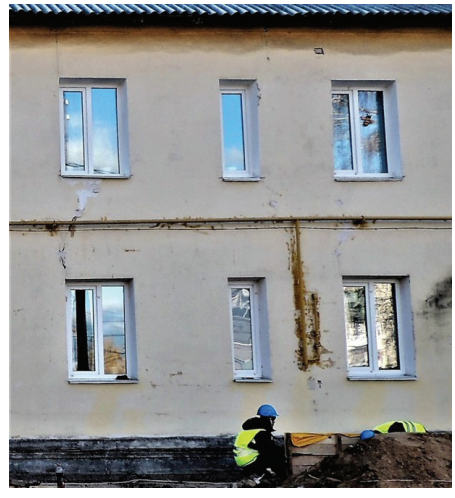


Рис. 3. Трещины рассекают продольную стену по всей высоте на участке в осях «В/6-3». Характер траекторий развития трещин указывает на отсутствие перемычек над проемами

Рис. 4. Наружная продольная стена, ориентированная по оси «А». Трещины рассекают стену по всей высоте в вертикальных створах, проходящих через пары оконных проемов 1-го и 2-го этажей, расположенных друг над другом. Раскрытие трещин одинаковое. Характер образования и расположения трещин в наружных стенах указывает на то, что они не являются результатом неравномерной осадки грунтового основания и опирающегося на него здания

Рис. 5. Обрушение фрагмента торцовой стены, ориентированной по оси «11», и перекрытий. Несущие балки деревянных междуэтажного и чердачного перекрытий опираются на внутреннюю поперечную несущую стену толщиной в 250 мм и на внутреннюю несущую стенку-версту торцовой стены толщиной в 120 мм, ориентированной по оси «11» (то же на рис.7, 8 цв. вклейки)

Рис. 6. Кладка наружных стен облегченная, колодцевая с засыпкой шлаком и забутовкой из половинок силикатного кирпича и по этой причине с наружной и внутренними верстами, не перевязанными между собой (то же на рис. 7, 8 цв. вклейки)

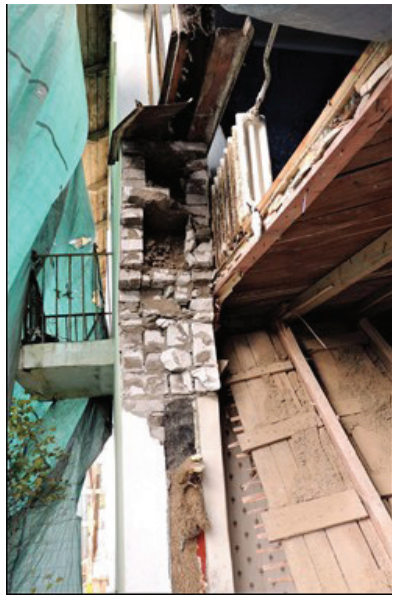


Рис. 7. Наружная и внутренняя версты колодцевой кладки продольной стены, ориентированной по оси «А», не перевязаны между собой ни горизонтальными кирпичными диафрагмами, ни арматурными сетками (то же см. на рис. 6, 8 цв. вклейки). Надоконные перемычки в наружных стенах отсутствуют

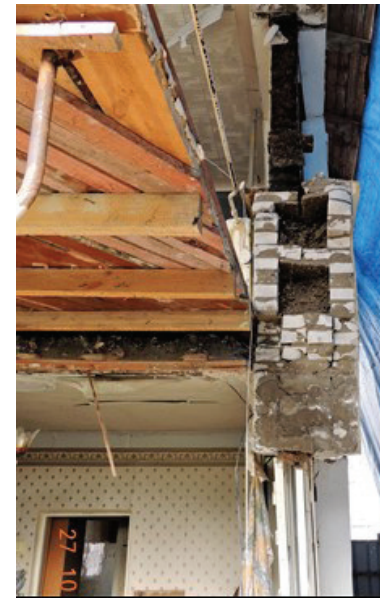


Рис. 8. Длинные доски несущих балок перекрытия потеряли опору при обрушении стены и упали вниз вместе с дощатой подшивкой. Короткие доски балок удержались от обрушения за счет совместной работы с «раскосым» дощато-гвоздевым настилом, образующим жесткий горизонтальный диск перекрытия

Рис. 9. Расчетная модель 2.1. Изополя горизонтальных перемещений (по оси *X*) ряда из 6 свай и околосвайного грунта при действии горизонтальной нагрузки *H*, вызывающей горизонтальное перемещение свай в уровне поверхности грунтового массива Δ = 10 мм

Рис. 10. Бутовый фундамент торцовой стены на участке в осях «1/В-Б». Глубина заложения от уровня планировки участка не превышает 0,6 м (см. рис. 11 цв. вклейки)

Рис. 11. Бутовая кладка вскрытого фрагмента фундамента без цементного раствора с частичным заполнением пустот между камнями грунтом. Камни легко извлекаются из кладки фундамента

Рис. 12. Полость под фундаментом обрушившегося фрагмента торцовой стены, на участке в осях «11/А-В», не обнаруженная подрядчиком при обследованиях фундаментов. Отрывка траншеи у стены на проектную глубину 1,2 м, для устройства одностороннего уширения фундамента, привело к обрушению торцовой стены

Рис. 13. Деформация железобетонной конструкции одностороннего уширения фундамента на участке в осях «11/А-В» до набора бетоном проектной прочности

Рис. 14. Арматурные работы по устройству вертикальной стенки уширения ленточного фундамента «В/3-2»

Рис. 15. Конструкция уширения фундамента в опалубке на участке длиной 5 м, расположенном в осях «В/6-3»

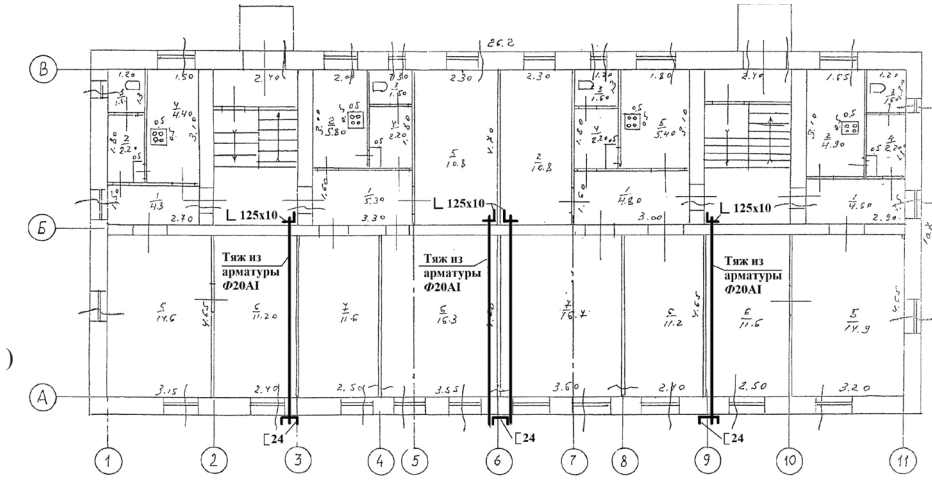


Рис. 5. План 1-го этажа. Схема расположения трещин в стенах здания (составлена подрядчиком)

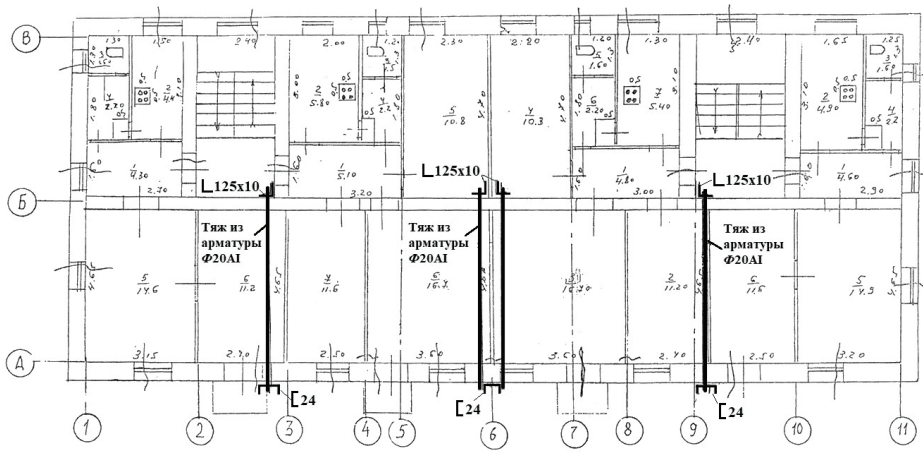


Рис. 6. План 2-го этажа. Схема расположения трещин в стенах здания (составлена подрядчиком)

Усиление предложенного подрядчиком типа используется, как правило, для удержания от развития крена или даже от обрушения при потере устойчивости стен сплошной кирпичной кладки, рассеченных наклонными трещинами, отклоняющихся из вертикальной плоскости наружу зданий, испытывающих неравномерные деформации. В рассматриваемом случае в таком типе усиления стен не было никакой необходимости [1, 2].

Этап 2. Перед началом разработки проекта «капитального ремонта фундаментов» на участке расположения дома были выполнены инженерно-геологические изыскания, однако отчет подрядной организации, выполнявшей инженерно-геологические исследования, представлял собой весьма странный документ, содержащий крайне противоречивые сведения о выполненных работах, а именно: 1) программой изысканий, составленной подрядчиком, было предусмотрено бурение 2 скважин, но в тексте отчета была описана одна скважина, а в сводной

ведомости характеристик физико-механических свойств грунтов приведены сведения о 6 скважинах; 2) выполненная авторами отчета классификация грунта, служащего основанием для фундаментов жилого дома, не соответствовала характеристикам его физических свойств, приведенным в том же отчете; 3) в отчете изыскателей сообщалось, что характеристики грунтов основания определены по результатам статического зондирования, однако, ни результатов зондирования, ни каких-либо сведений об установке, использованной для зондирования, в отчете не было приведено; 4) образцы грунтов из-под подошвы предназначенных для «капитального ремонта фундаментов» изыскателями не отбирались; 5) формируя свое представление «о геологическом строении данного участка», авторы отчета сослались на изучение «архивных и фондовых материалов», имея в виду единственный, имевшийся в их распоряжении, технический отчет об изысканиях, выполненных на участке, расположенном в Нижнем Новгороде в 25 километрах от участка, расположенного в городе Бор. Эти материалы, по утверждению изыскателей, «позволили получить представление о геологическом строении данного участка»! 6) изыскатели обратили внимание на то, что «наиболее высокое положение зеркала грунтовых вод» на участке «наблюдается в паводковый период – с октября-ноября по апрель-май – и может подняться выше средних значений», т. е. по весьма странному представлению изыскателей о паводках на реке Волге, паводки в районе города Бор наблюдаются зимой, а не в периоды таяния льда в реке и снега на прибрежных территориях в апреле и мае! Вместе с тем авторами отчета утверждалось, что «гидрогеологические условия исследуемой площадки строительства характеризуются отсутствием грунтовых вод на период изысканий», выполненных в апреле 2017 года, но в выводах, приведенных в отчете, указывалось на наличие на участке «опасного геологического процесса – высокого положения уровня грунтовых вод»! Следует отметить, что, например, в 2018 году, по данным Гидрометцентра Верхне-Волжского управления по гидрометеорологии и мониторингу среды на 24.04.2018 г., пик половодья в Нижнем Новгороде ожидался к концу апреля – первым числам мая, после чего прогнозировался спад уровня воды в реках Оке и Волге.

Перечисленных выше претензий к работе изыскателей вполне достаточно для того, чтобы сомневаться в том, что изыскания на участке, занимаемом домом, вообще когда-либо выполнялись. Но независимо от ответа на этот вопрос, использование для проектирования фундаментов весьма сомнительных сведений, приведенных в отчете подрядной изыскательской организации, было просто недопустимо.

Этап 3. До начала строительно-монтажных работ по усилению фундаментов, по утверждению нового подрядчика, было выполнено обследование фундаментов, но при этом надземной части здания, определению ее конструктивной системы, выяснению особенностей конструктивных решений стен, перегородок, перекрытий, крыши и т. д. не было уделено никакого внимания.

На основании имеющихся в распоряжении подрядчика результатов визуальных обследований, выполненных на первом этапе (рис. 1–6), разработчиками проекта «капитального ремонта фундаментов» был сделан однозначный вывод о том, что причиной образования трещин в стенах жилого дома являются его неравномерные осадки, а раз так, то фундаменты следует подвергнуть «капитальному ремонту» (рис. 8).

В результате анализа результатов обследований фундаментов и проектных решений, предложенных новым подрядчиком, нами было установлено следующее:

1. На схеме расположения элементов фундаментов не показаны фундаменты под внутренними поперечными несущими стенами. Это означает, что подрядчик не обследовал надземную часть здания и, доверившись планам этажей БТИ, а также результатам визуальных обследований предшественников, не выявил действительную конструктивную систему здания, в соответствии с которой в здании несущими являются не продольные, а поперечные стены (рис. 7, 8).

2. Расположение шурфов на составленной подрядчиком схеме (рис. 7) предназначенных для вскрытия и обследования фундаментных конструкций, а также для исследования свойств грунтового основания нельзя признать рациональным. Шурфы, отрытые непосредственно у углов здания, позволили бы каждым из угловых шурфов вскрыть фундаменты сразу двух смежных стен.

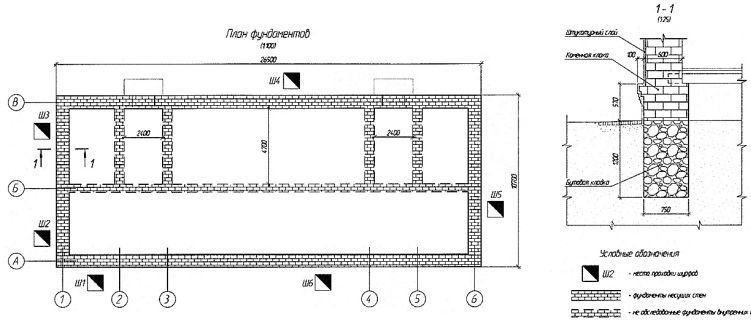


Рис. 7. Схема расположения шурфов у стен дома. Поперечное сечение фундамента (составлена подрядчиком)

3. Вскрытия фундаментов под стенами на пересечении координационных осей «А/6» не предусматривалось, но именно на этом участке произошло разрушение фундамента и обрушение стен (рис. 7).

4. Бутовый фундамент на обмерном чертеже (рис. 7, сечение 1-1) представляет собой конструкцию идеальной прямоугольной формы, которую можно получить только при изготовлении фундамента в опалубке, но это не соответствует фактическому состоянию фундаментных конструкций, что было установлено обследованиями, выполненными после обрушения.

5. В техническом отчете подрядчика не было представлено ни обмерных чертежей, ни фотофиксации конструкций фундаментов в 5 из 6 заявленных на схеме шурфов. Это могло означать лишь то, что подрядчиком был отрыт лишь один шурф (рис. 7) и таким образом: 1) не были обследованы в достаточной мере и, соответственно, не были определены: тип, глубина заложения, геометрические параметры фундаментов; 2) не была выполнена оценка технического состояния фундаментов; 3) не были исследованы свойства материалов фундаментов; 4) не были выполнены исследования грунтового основания здания.

6. Подрядчиком не были выполнены поверочные расчеты существующих фундаментов и грунтового основания, являющиеся необходимой ставной частью программы по обследованию фундаментов любого деформирующегося здания. Таким образом, не были подтверждены выводы о том, что причиной деформации и разрушения стен здания являются неравномерные осадки грунтового основания и, следовательно, не была обоснована необходимость «капитального ремонта фун-

даментов» [3–5].

Разработанный специалистами подрядной организации проект «капитального ремонта фундаментов» имел ряд существенных недостатков, которые в лучшем случае не могли привести ни к положительному, ни к отрицательному результату. К таким недостаткам относятся:

1. В проекте предусмотрен «капитальный ремонт фундаментов» только наружных стен, две из которых (продольные) не являются несущими. Вместе с тем усиление фундаментов под внутренними, в том числе и под несущими стенами, проектом не предусматривалось (рис. 8).

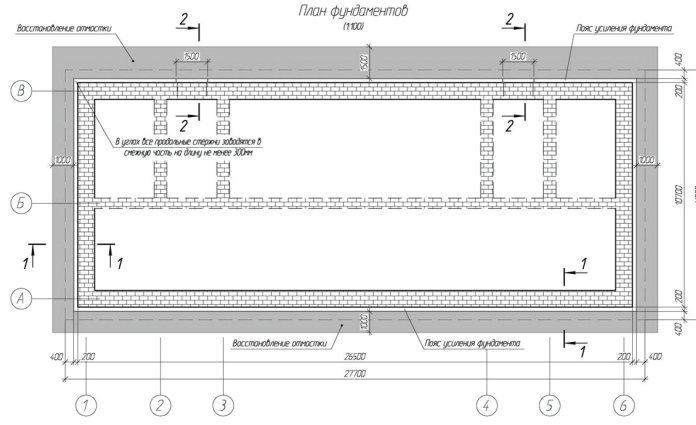


Рис. 8. Схема расположения элементов усиления фундаментов под наружными стенами здания. Поперечные внутренние несущие стены специалистами подрядчика не были обнаружены

2. В соответствии с проектом «капитальный ремонт» фундаментов сводился лишь к одностороннему уширению на 1 метр подошвы ленточных бутовых фундаментов под наружными стенами (рис. 8, 9). Однако связь железобетонной конструкции уширения с рыхлой бутовой кладкой фундаментов небольшим количеством горизонтальных арматурных стержней небольшого диаметра не могло сделать конструкцию уширения эффективной. Однако при надежном соединении конструкции одностороннего уширения с существующими бутовыми фундаментами «капитально отремонтированный» фундамент с общей шириной подошвы, в 2,5-3 раза большей по сравнению с шириной существующих фундаментов, воспринимал бы нагрузку от надземной части здания с очень большим эксцентриситетом. В этом случае жесткое сопряжение железобетонных конструкций уширения с существующими фундаментами может стать причиной крайне неоднородного напряженного состояния грунтового основания и строительных конструкций надземной части здания, что неизбежно повлекло бы за собой дополнительные деформации здания с образованием и развитием трещин в стенах по другим траекториям.

В результате обследований надземной части здания, выполненных нами после обрушения части дома, было установлено:

1. Наружные стены толщиной 510 мм колодцевой кладки из силикатного кирпича с засыпкой из шлака (рис. 5–8 цв. вклейки) рассечены вертикальными трещинами по всей высоте стен здания (рис. 1–6, 10, 11).

2. Трещины в наружных стенах образовались в вертикальных створах окон

1-го и 2-го этажей, расположенных друг над другом; трещины расположены весьма равномерно по всему периметру здания как в продольных, так и в торцовых стенах; раскрытие трещин одинаковое по всей их длине (рис. 1–6, 10, 11 и рис. 1–4 цв. вклейки).

3. Траектории развития трещин в наружных стенах указывают: 1) на отсутствие над оконными и дверными проемами перемычек: железобетонных, металлических или деревянных; 2) на действующие в лицевом слое кладки растягивающих напряжений с растяжением в вертикальных плоскостях и образованием вертикальных трещин зубчатой формы (рис. 1–4 цв. вклейки).

4. При наличии большого количества трещин в наружных стенах здания не было обнаружено: 1) наклонных трещин; 2) искривления горизонтальных линий стен; 3) отклонения стен из вертикальной плоскости; 4) перекосов оконных и дверных проемов, являющихся основными признаками совместных неравномерных деформаций (осадки или пучения) грунтового основания и опирающегося на него здания.

5. Несущими стенами, воспринимающими нагрузки от деревянных перекрытий, являются торцовые наружные и внутренние поперечные стены. При этом внутренние поперечные и продольная стены толщиной 250 мм сплошной кладки выполнены из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе.

6. Обрушение наружных стен и перекрытий части здания на участке в осях «А-Б/10-11» (рис. 10, 11, рис. 5–9 цв. вклейки) произошло при производстве земляных работ по вскрытию фундаментов на участке в осях «11/А-В» (рис. 12, 13 цв. вклейки). При обрушении стены распались на отдельные блоки и кирпичи (рис. 9 цв. вклейки).

Известно, что облегченная колодцевая кладка стен зданий обладает целым рядом особенностей [1, 2]:

1. Колодцевая кладка обладает существенно меньшей прочностью и, соответственно, меньшей надежностью по сравнению со сплошной кладкой той же толщины.

2. Наружный слой стены (кирпичная облицовка), отделенный от внутренней стенки утеплителем (шлаковой засыпкой), интенсивно увлажняется как за счет паропереноса и выпадения конденсата на внутренней поверхности облицовки, так и за счет внешних атмосферных воздействий.

3. Поскольку внутренним теплом здания наружная облицовка не прогревается, кирпич подвергается в течение года как минимум 15-20 циклам замораживания-оттаивания. Кроме того, в холодное время года в утеплителе колодцевой кладки образуется «точка росы», что приводит к отсыреванию утеплителя и, следовательно, к постепенному снижению его теплотехнических свойств, при этом независимо от времени года утеплитель не высыхает, поскольку даже летом наружная верста кирпичной кладки представляет собой своего рода барьер, препятствующий испарению влаги.

4. Наличие в колодцевой кладке вертикальных и горизонтальных кирпичных диафрагм, многочисленных массивов сплошной кладки, выполненной в несколько рядов над проемами и в углах здания, представляющих собой многочисленные «мостики холода», делает кладку чрезвычайно неоднородной не только по прочности, но и по теплотехническим свойствам, что приводит к возникновению концентрации разрушающих силовых и температурных напряжений в кирпичных элементах кладки.

5. Следует отметить, что весьма важными особенностями колодцевой кладки

из-за ее сложности являются: 1) низкая ремонтопригодность; 2) высокая вероятность строительного брака; 3) наличие скрытых дефектов.

Обследованиями вскрытых при производстве земляных работ фрагментов фундаментов и грунтового основания, выполненных авторами, было установлено:

1. Ленточные фундаменты под стенами здания переменной глубины заложения от 0,5 до 1,2 м выполнены из рваной неправильной формы бутового камня-известняка на цементно-песчаном растворе.

2. Бутовая кладка фундаментов крайне низкого качества выполнена без опалубки враспор в заранее выполненных в песчаном грунте траншеях. Камни уложены без перевязки швов, без подбора и прикола камней. Кладка с многочисленными пустотами, не заполненными раствором, часть пустот заполнена песком, отдельные камни легко извлекаются и даже выпадают из кладки. В целом кладка фундаментов не относится ни к одному из известных типов бутовой кладки – кладки «под скобу», «под лопатку» или «под залив» [3, 4].

3. Грунтовое основание представлено песком мелким средней плотности, уплотнившимся под фундаментами почти за 70-летний срок эксплуатации здания, в результате чего совместные осадки основания и опирающегося на него здания ко времени производства работ давно закончились. Поэтому, несмотря на низкую прочность бутовых фундаментов дома, их усиление в рассматриваемом случае не требовалось, за исключением небольших участков под стенами, ориентированными по осям «А» и «11» в месте их сопряжения. Но из-за недостаточного объема работ по обследованию фундаментов необходимость локального усиления фундаментов не была выявлена.

Обследованием окружающей застройки, выполненной нами, было установлено, что дом, расположенный на той же улице рядом, в 12 метрах от аварийного дома, построенный в тот же год и по той же типовой серии, является близнецом аварийного дома не только по объемно-планировочному и конструктивным решениям, но и по количеству, расположению, характеру развития и по величине раскрытия трещин в наружных стенах. Результаты этого обследования подтвердили вывод о том, что причинами образования трещин в наружных стенах как в аварийном, так и в рядом расположенном доме являются температурно-влажностные воздействия на колодцевую кладку стен.

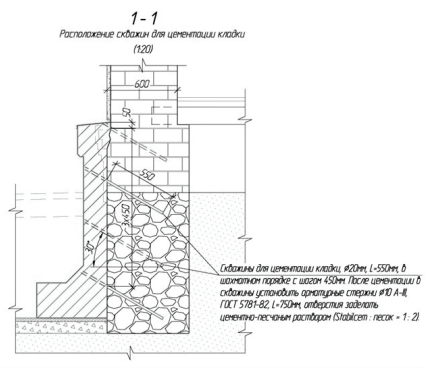


Рис. 9. Узел сопряжения железобетонной конструкции уширения бутовых ленточных фундаментов (разработана подрядчиком)

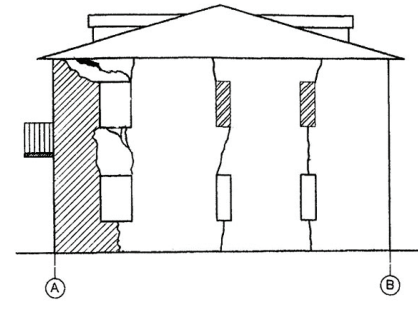


Рис. 10. Схема расположения зоны обрушения торцовой стены дома, ориентированной по оси «1» (рис. 5, 6)

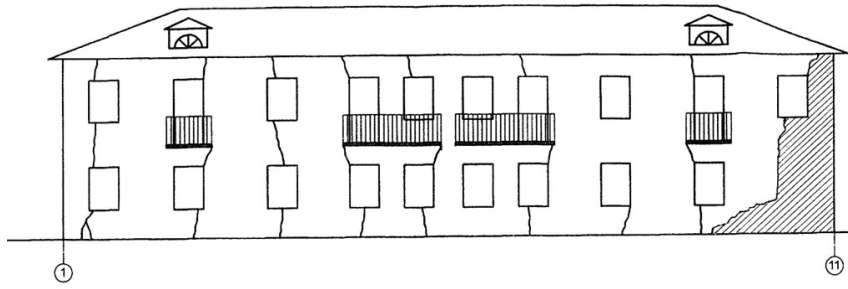


Рис. 11. Схема расположения зоны обрушения продольной стены дома, ориентированной по оси «А» (рис. 5, 6)

Выполненный нами ретроспективный анализ процессов обследований, изысканий, проектирования и производства работ по «капитальному ремонту фундаментов» аварийного дома позволил сделать выводы о том, что причинами локального разрушения стен с обрушением перекрытий в здании жилого дома в городе Бор Нижегородской области являются:

1. Недостаточный объем выполненных исследований.

2. Грубые ошибки, допущенные: 1) в обследованиях строительных конструкций; 2) в определении причины образования трещин в стенах здания; 3) недостоверные сведения в отчете об инженерно-геологических изысканиях; 4) ошибки в инженерных расчетах и в проектных решениях; 5) ошибки, допущенные при производстве работ по «капитальному ремонту» фундаментов.

По мнению авторов настоящей работы, разрушающиеся жилые дома рассмотренного типа, строительные конструкции которых не подлежат усилению, следует включать в программы обновления жилищного фонда путем комплексного сноса и новой застройки кварталов города с увеличением вводимой жилой площади и повышением комфортности городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙСПИСОК

1. Каменные и армокаменные конструкции : справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений / под редакцией С. А. Семенцова, В. А. Камейко. – Москва : Стройиздат.– 1968. – 174 с. – Текст : непосредственный.

2. Иванов, И. Т. Усиление оснований, фундаментов и стен жилых зданий / И. Т. Титов – Москва : Изд-во мин-ва коммунальн. хоз-ва РСФСР, 1955. – 73 с. – Текст : непосредственный.

3. Основания и фундаменты : справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений / под редакцией М. И. Горбунова-Посадова. – Москва ; Ленинград : Стройиздат, 1964. – 208 с. – Текст : непосредственный.

4. Швец, В. Б. Усиление и реконструкция фундаментов / В. Б. Швец, В. И. Феклин, Л. К. Гинзбург. – Москва : Стройиздат, 1985. – 204 с. – Текст : непосредственный.

5. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* : утверждены Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16.12.2016 : ввод в д. 17.06.2017. – Москва. 2021. – 225 с. – Текст : непосредственный.

GRIGOREV Yury Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture; FATEEV Valery Valerevich, engineer, senior teacher of the chair of architecture

REASONS OF DEFORMATION OF EXTERNAL WALLS AND COLLAPSE OF A PART OF A TWO-STOREY RESIDENTIAL BUILDING

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: yus-gri@rambler.ru
Key words: residential house, building structures, deformations, collapse.

The article presents the results of the analysis of the causes of deformation and collapse of a part of a two-storey residential building that occurred during the work on the reconstruction of foundations.

REFERENCES

1. Kamennye i armokamennye konstruktsii [Stone and reinforced stone structures]: Spravochnik proektirovschika promyshlennykh, zhilykh i obschestvennykh zdaniy i sooruzheniy / pod red. S. A. Sementsova i V. A. Kameyko. – Moscow : Stroyizdat. – 1968. – 174 p.

2. Ivanov I. T. Usilenie osnovaniy, fundamentov i sten zhilykh zdaniy [Reinforcement of foundations, basis and walls of residential buildings] / I. T. Titov. – Moscow : Izd-vo ministerstva kommunalnogo khozyaystva RSFSR. – 1955. – 73 p.

3. Osnovania i fundamenty [Basis and foundations] : Spravochnik proektirovschika promyshlennykh, zhilykh i obschestvennykh zdaniy i sooruzheniy / pod red. M. I. Gorbunova-Posadova. – Moscow – Saint-Petersburg : Stroyizdat – 1964. – 208 p.

4. Shvets V. B., Feklin V. I., Ginzburg L. K. Usilenie i rekonstruktsiya fundamentov [Strengthening and reconstruction of foundations]. – Moscow : Stroyizdat. – 1985. – 204 p.

5. SP 22.13330.2016. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy [Soil bases of buildings and structures] : aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.01-83* : utv. Prikazom M-va stroitelstva i zhilischno-kommunalnogo khozyaystva Ros. Federatsii ot 16.12.2016 : vvod v d. 17.06.2017. – Moscow. 2021. – 225 p.

© Ю. С. Григорьев, В. В. Фатеев, 2022
Получено: 01.10.2022 г.

УДК 624.131.22:624.131.3

Ю. С. ГРИГОРЬЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры архитектуры

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛЗУЧЕСТИ И ФИЛЬТРАЦИИ В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;
эл. почта: yus-gri@rambler.ru
Ключевые слова: лабораторная установка, глинистый грунт, фильтрация, ползучесть.

Приведено описание конструкции лабораторной установки для исследований процессов ползучести и фильтрации в глинистых грунтах.

Установка, сконструированная, изготовленная, собранная и использованная автором в исследованиях ползучести и фильтрации в глинистых грунтах, представляет собой прибор, позволяющий выполнять:

1) исследования ползучести при компрессионном сжатии и исследования фильтрации воды на цилиндрических образцах глинистых грунтов диаметром 68,1 мм (площадью поперечного сечения 18, 2 см^2), высотой до 1 м;

2) исследования ползучести при сжатии, при сдвиге кручением, а также исследования фильтрации на трубчатых образцах глинистых грунтов с наружным диаметром 68,1 мм, внутренним 33,5 мм, площадью поперечного сечения 13,8 см^2 и высотой до 250 мм (рис. 1–4).

В отличие от приборов известных конструкций [1–6], предназначенных для определения характеристик механических свойств грунтов на образцах небольших размеров, отобранных в отдельных «точках» исследуемых грунтовых массивов, рассматриваемая установка позволяет выполнять исследования не только на образцах из грунта одной разновидности с однородными свойствами по всей высоте образца, но и с образцами, моделирующими массив из нескольких слоев грунтов, обладающих различными физико-механическими свойствами. Установка в отличие от известных приборов позволяет измерять в нескольких уровнях по высоте образца: 1) вертикальное сжатие; 2) горизонтальные перемещения при кручении; 3) боковое давление грунта; 4) давление в поровой воде.

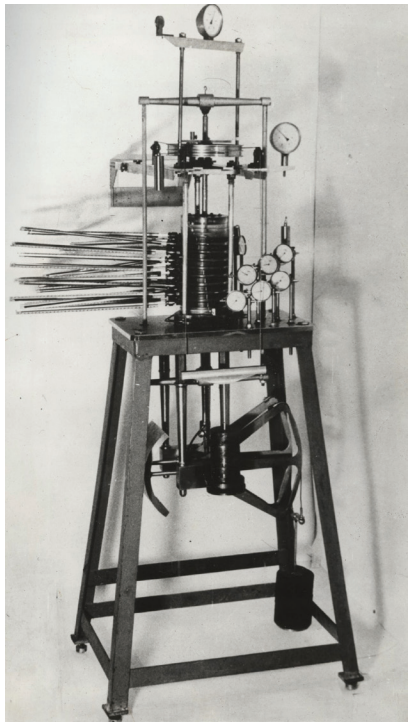


Рис. 1. Установка для исследований ползучести и фильтрации в глинистых грунтах

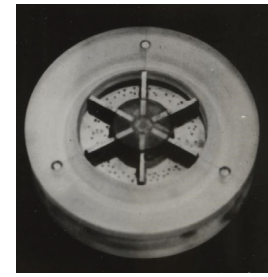


Рис. 2. Верхняя обойма рабочей камеры с крыльчатым перфорированным штампом

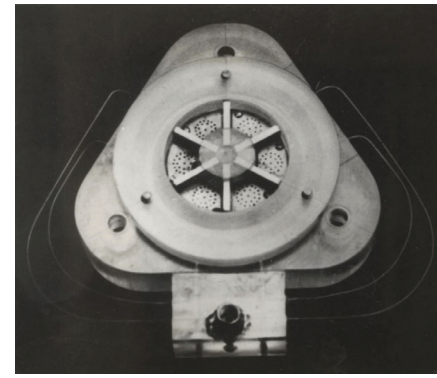


Рис. 3. Основание рабочей камеры с крыльчатым штампом и с системой подачи воды к образцу грунта

Подготовка установки для реологических исследований с использованием однородных или слоистых цилиндрических образцов не представляет особой сложности. Приготовление же трубчатых образцов глинистых грунтов высотой до 250 мм практически невозможно без нарушения их сплошности и поэтому в исследованиях, выполнявшихся автором, они составлялись по высоте из нескольких секций, вырезавшихся с помощью специального приспособления – грунтореза (рис. 5, 6).

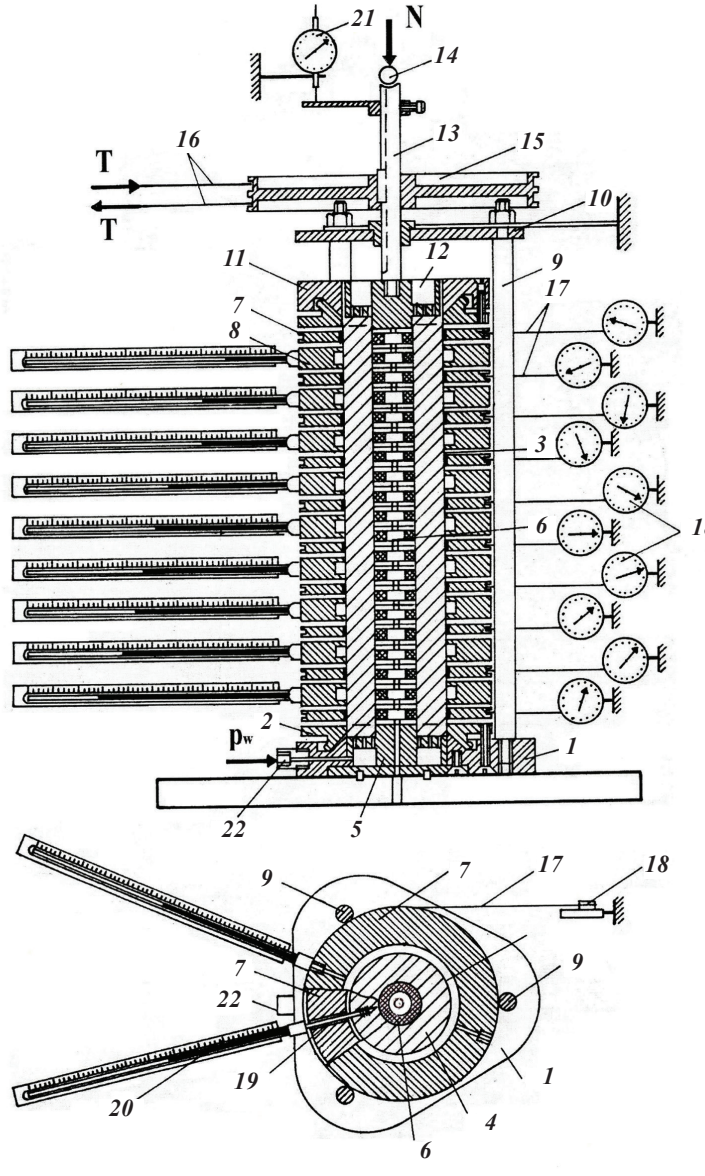


Рис. 4. Конструкция лабораторной установки для исследований ползучести и фильтрации в глинистых грунтах

Секции трубчатых образцов вырезаются из заранее приготовленных монолитов с помощью ручного винтового пресса с постепенной подачей грунтореза в монолит, с подрезкой грунта снаружи грунтореза и с постепенным высверливанием отверстия в монолите с помощью обычного сверла диаметром 30 мм.

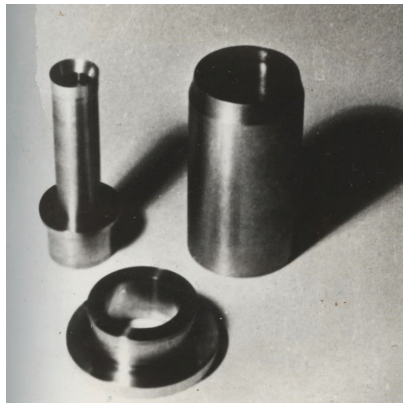


Рис. 5. Приспособления для вырезки цилиндрических и трубчатых образцов грунтов

Рис. 6. Трубчатые образцы глинистого грунта, подготовленные для испытаний на сдвиг в режиме кручения

В нижнем торце нижней секции образца и в верхнем торце верхней секции выполняются прорези для крыльчатки нижнего и верхнего штампов (рис. 2, 3, 6). Для того чтобы образец грунта высотой 250 мм работал при кручении как одно целое, торцы образцов аккуратно разрыхляются на глубину до 0,5 мм с помощью полотна от ножовки по металлу (рис. 6) и при сборке прибора слегка смачиваются водой с помощью жесткой кисти. При обжатии образцов в грунтоприемной камере установки вертикальной нагрузкой происходит сращивание отдельных секций в образец заданной высоты.

Установка для реологических исследований грунта при сдвиге кручением трубчатых образцов готовится к работе следующим образом (рис. 4). В основании *1* (рис. 3) кольцом *2* крепится резиновая оболочка *3*, в которую помещается нижняя секция цилиндрического пустотелого образца грунта *4* (рис. 6), устанавливаемая на нижний ребристый перфорированный штамп *5* (рис. 3). Внутренняя полость секции образца заполняется цилиндрическими элементами *6* (рис. 7), плоскости которых предварительно смазываются техническим вазелином. Таким образом, из отдельных секций собирается весь образец грунта.

Рис. 7. Цилиндрические элементы для заполнения внутренней полости трубчатых образцов

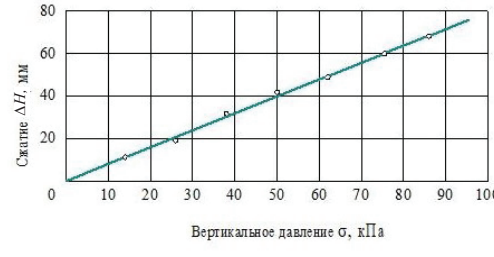


Рис. 8. График тарировки на сжатие столбика из дисков, предназначенных для заполнения образца грунта высотой 250 мм

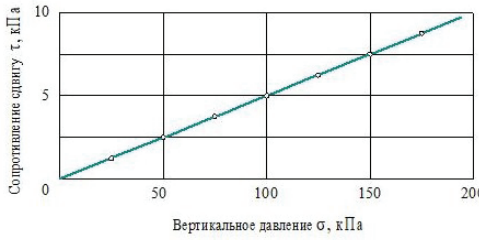


Рис. 9. График тарировки дисков на сопротивление сдвигу (полистирол по полистиролу со смазкой техническим вазелином)

Рис. 10. Бескамерное жесткое кольцо с проточкой по наружному диаметру, с винтом для крепления стальной струны и с отверстием для иглы манометра – измерителя давления в поровой воде

После сборки и заполнения образца цилиндрическими элементами из устанавливаемых с зазором и чередующихся между собой тонких бескамерных колец *7* (рис. 10) и колец *8* с гидравлическими камерами (рис. 11) собирается рабочая камера прибора, при этом между кольцами для создания зазора между ними устанавливаются по 2-3 прокладки в каждом зазоре из фторопластовых пластинок размерами 10×20 мм, толщина которых от 0,8 до 1,5 мм выбирается в зависимости от консистенции и пористости исследуемого грунта.

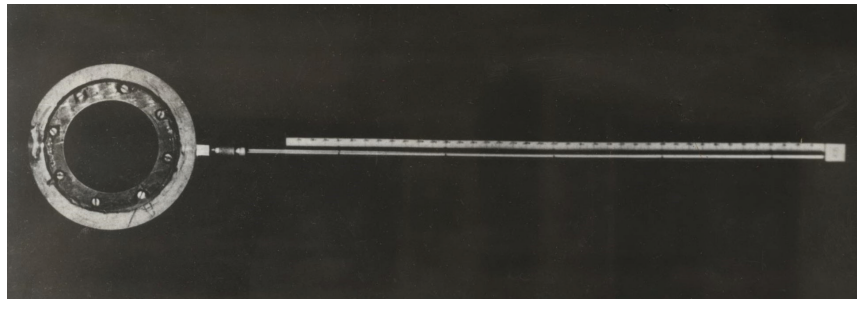


Рис. 11. Гидравлическое кольцо грунтоприемной камеры, предназначенное для измерения бокового давления

После сборки рабочей камеры, устойчивость которой обеспечивается стойками *9*, крепящимися в основании *1* прибора и в жестко закрепленной от перемещений пластине *10*, оболочка *3* зажимается в верхней обойме *11* (рис. 2). Далее монтируются верхний штамп *12* (рис. 2) и силовое устройство *13–16*, с помощью которого на образец грунта передаются вертикальная нагрузка и крутящий момент.

Количество колец *7* и *8*, а также длина стоек *9* выбирается в зависимости от высоты испытуемого образца. К кольцам *7* с помощью шпилек с отверстиями и гаек М3 крепятся тонкие инварные проволоки *17* индикаторов *18*, а в образец грунта через радиальные *каналы в бескамерных кольцах вводятся иглодатчики 19 манометров 20*, измеряющих давление в поровой воде (рис. 12).

Герметизация контакта иглодатчиков с резиновой оболочкой *3* обеспечивается тем, что оболочка и резиновые обечайки на внутренней поверхности колец *7*, зажатые между образцом грунта и внутренней цилиндрической поверхностью бес-

камерных колец, деформируясь под действием бокового давления грунта, возникающего при передаче вертикальной нагрузки на образец, плотно обжимают иглы манометров.

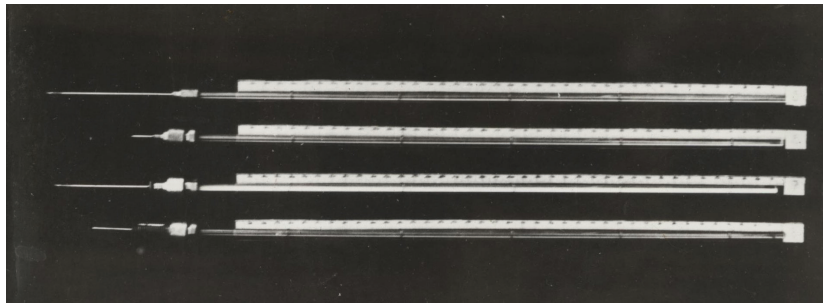


Рис. 12. Манометры гидроаэростатического типа с переходниками различной конструкции

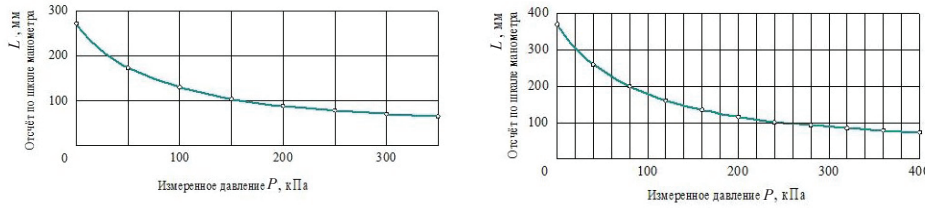
Вертикальная нагрузка на образец грунта передается через ребристый перфорированный штамп *12* и центрируемый пластиной *10* шток *13* с шариком *14*. Вертикальная деформация образца измеряется прогибомером *21*.

Через систему тросов *16* тягового устройства и шкив *15* к образцу грунта прикладывается крутящий момент. Перемещения в горизонтальной плоскости в нескольких уровнях по высоте образца измеряются индикаторами часового типа *18*, связанными с кольцами тонкой инварной проволокой *17*.

К основанию устройства через отверстие *22* с резьбой может быть подключена система для создания постоянного или переменного по величине граничного гидравлического напора.

Перед сборкой установки цилиндрические элементы, заполняющие внутренний объем трубчатых образцов грунтов, подвергаются тарировке, результаты которой (рис. 8, 10) учитываются следующим образом: по величине вертикальной деформации образца по тарировочному графику (рис. 8) определяется доля вертикальной нагрузки, приходящейся на цилиндры заполнения; величина нагрузки, воспринимаемая образцом грунта, определяется как разница между общей нагрузкой и нагрузкой, приходящейся на цилиндры. По графику (рис. 10), в зависимости от величины вертикального напряжения, воспринимаемого заполнением, определяется величина касательного напряжения, воспринимаемого цилиндрами при кручении. Следует отметить, что общее сопротивление сжатию и кручению цилиндров, заполняющих внутреннюю полость трубчатых образцов грунта, ничтожно малы и поэтому могут не учитываться при обработке результатов экспериментов.

Гидравлические кольца и гидроаэростатические манометры, заполненные дистиллированной, дегазированной водой, также тарируются до начала эксперимента (рис. 13). Тарировка манометров-измерителей порового давления выполняется с помощью гидравлического цилиндра с образцовым манометром.



а *б*

Рис. 13. График тарировки: *а* – гидравлического кольца; *б* – манометра; *L* – отсчет по шкале манометра гидравлического кольца; *P* – давление по шкале образцового манометра тарировочного устройства

Рис. 14. Устройство для тарировки гидравлических колец и манометров гидроаэростатического типа

Для тарировки колец-измерителей бокового давления используется гидравлический цилиндр с манометром и специальным устройством с гидравлической камерой, вставляемым в гидравлическое кольцо (рис. 11).

После установки образца грунта в грунтоприемную камеру, сборки прибора и установки измерительных приспособлений к образцу грунта прикладывается ступень в 5–10 % от полной величины вертикальной нагрузки.

Кольца *7* и *8* с установленными между ними прокладками за счет трения по внутренней цилиндрической поверхности, возникающего из-за распора грунта, повисают на образце грунта; прокладки, установленные между колец, удаляются, жесткие в горизонтальной плоскости кольца *7* и *8* и цилиндрические элементы *6* не препятствуют развитию деформаций сжатия и сдвига образца кручением, что обеспечивается: 1) выбиранием зазоров между кольцами; 2) деформированием в цилиндрических элементах заполнения прокладок из губчатой резины, модуль деформации которой на два порядка ниже, чем модуль деформации грунтов; 3) ничтожно малым сопротивлением скольжению цилиндрических элементов относительно друг друга при кручении образца грунта.

Таким образом, установка готова для проведений испытаний по любой из заданных программ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зиангиров, Р. С. Практикум по механике грунтов / Р. С. Зиангиров, П. Э. Роот, С. Д. Филимонов – Москва : Изд-во МГУ, 1984. – 152 с. – Текст : непосредственный.

2. Месчян, С. Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов. – Москва : Недра, 1985. – 342 с. – Текст : непосредственный.

3. Месчян, С. Р. Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения. – Москва : Недра, 1974. – 191 с. – Текст : непосредственный.

4. Павчич, М. П., Методы определения коэффициента фильтрации грунта / М. П. Павчич, Б. И. Балыков. – Ленинград : Энергия, 1976. – 116 с. – Текст : непосредственный.

5. Сипидин, В. П. Современные методы определения характеристик механических свойств грунтов / Н. Н. Сидоров. – Ленинград : Стройиздат, 1972. – 136 с. – Текст : непосредственный.

6. Чаповский, Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов / Е. Г. Чаповский. – Москва : Недра, 1975. – 304 с. – Текст : непосредственный.

GRIGOREV Yury Semyonovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of architecture

LABORATORY INSTALLATION FOR CREEP AND FILTRATION STUDIES IN CLAY SOILS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: yus-gri@rambler.ru
Key words: laboratory installation, clay soil, filtration, creep.

The article describes the design of a laboratory installation for the study of creep and filtration processes in clay soils.

REFERENCES

1. Ziangirov R. S., Root P. E., Filimonov S. D. Praktikum po mekhanike gruntov [Works on soil mechanics]. – Moscow : Izdatelstvo MGU, 1984. – 152 p.

2. Meschyan S. R. Experimentalnaya reologiya glinistykh gruntov [Experimental rheology of clay soils] – Moscow: Nedra, 1985. – 342 p.

3. Meschyan S. R. Mekhanicheskie svoystva gruntov i laboratornye metody ikh opredeleniya [Mechanical properties of soils and laboratory methods for their determination]. – Moscow : Nedra, 1974. – 191 p.

4. Pavchich M. P., Balykov B. I. Metody opredeleniya koeffitsienta filtratsii grunta [Methods for determining the soil filtration coefficient]. – Leningrad: Energiya, 1976. – 116 p.

5. Sipidin V. P. Sovremennye metody opredeleniya kharakteristik mekhanicheskikh svoystv gruntov [Modern methods for determining characteristics of mechanical properties of soils]. – Leningrad: Stroyizdat, 1972. – 136 p.

6. Chapovsky E. G. Laboratornye raboty po gruntovedeniyu i mekhanike gruntov [Laboratory work on soil science and soil mechanics]. – Moscow. – Nedra. – 1975. – 304 p.

© Ю. С. Григорьев, 2022
Получено: 07.10.2022 г.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.16

Э. А. КЮБЕРИС, канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; А. Л. ВАСИЛЬЕВ, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА «МЖФ» ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЖЕЛЕЗА СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел./факс: (831) 430-08-60; эл. почта: k_viv@nngasu.ru
Ключевые слова: очистка воды, фильтрование, окисление, обезжелезивание, водоснабжение.

Представлены результаты исследований современных каталитических фильтрующих материалов для получения качественной питьевой воды из подземных источников, позволяющие применить полученные экспериментальные данные при проектировании установок по обезжелезиванию, что обеспечит дальнейший стабильный рост использования подземных источников для питьевого водоснабжения.

Проблема повышенного содержания железа в природной воде Нижегородской области является одной из самых распространенных. При пользовании такой водой возникает целый ряд проблем как при бытовом, так и коммерческо-промышленном использовании. Согласно СанПиН содержание общего железа в питьевой воде должно быть не более 0,3 лмг/л [1].

Железо придает ей буроватую окраску, неприятный металлический привкус, вызывает зарастание водопроводных сетей и водозаборной арматуры, является причиной брака в текстильной, пищевой, химической и других отраслях промышленности. Повышенное содержание железа в питьевой воде вредно для здоровья человека. При продолжительном введении в организм железа его избыток накапливается в печени в коллоидной форме оксида железа, получившей название гемосидерина, который вредно воздействует на клетки печени, разрушая их. Избыточное количество железа неблагоприятно воздействует на кожу человека, влияет на морфологический состав крови, может быть причиной возникновения аллергических реакций.

Учитывая сведения о неблагоприятном политропном действии железа, поступающем в организм с питьевой водой даже в сравнительно малых дозах, необходимо при подготовке воды к потреблению специально проводить обезжелезивание. Это необходимо для того, чтобы исключить потенциальную возможность угрозы здоровью населения.

Практически все способы обезжелезивания воды сводятся к окислению растворенных форм двухвалентного железа кислородом воздуха, хлором, озоном, перманганатом калия и т. д. и перевода их в нерастворимые формы трехвалентного железа, которые легко удаляются путем фильтрования через слой зернистой загрузки [2].

Фильтрующая загрузка в процессе обезжелезивания является основным фактором, обусловливающим удаление железа из воды. Высокий эффект обезжелези-

вания достигается при образовании на поверхности зерен пленки из соединений железа, которая является катализатором. В настоящее время при усовершенствовании технологий обезжелезивания этот метод является перспективным.

Наибольшее распространение из зернистых фильтрующих загрузок для очистки воды от железа получили кварцевый песок, дробленый керамзит, антрацит, горные породы – все они прошли длительную лабораторную и технологическую проверку.

В настоящее время появилось огромное количество современных фильтрующих каталитических материалов как отечественного, так и зарубежного производства. Каталитические наполнители – природные материалы, содержащие диоксид марганца, или загрузки, в которые диоксид марганца введен при соответствующей обработке. Эти загрузки отличаются друг от друга как своими физическими характеристиками, так и содержанием диоксида марганца и поэтому эффективно работают в разных диапазонах значений, характеризующих воду параметров.

В рамках импортозамещения объектом исследований явился образец каталитического фильтрующего материала отечественного производства – МЖФ. При этом велись сравнительные опыты с традиционным кварцевым песком.

Характеристики исследуемых фильтрующих материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики фильтрующих материалов

Номер фильтра	Название материала	Фракционный состав, мм	Коэффициент неоднородности загрузки
1	Кварцевый песок	0,5 – 1,5	1,6
2	МЖФ	0,5 – 1,5	1,4 – 2,0

Целью лабораторных исследований являлось определение фильтрующих характеристик каталитического материала МЖФ и традиционного фильтрующего материала – кварцевого песка − при удалении высоких концентраций железа и марганца из приготовленного имитата.

Исследования проводились по схеме – окисление гипохлоритом натрия с последующим фильтрованием. Показатели качества имитата представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели качества имитата

Показатели качества	Имитат
pH, ед.	7,5
Растворенный кислород, мг/л	5,2
Железо, мг/л	15,0
Марганец, мг/л	1,5
Сухой остаток, мг/л	490,0

Имитат готовился на отстоянной водопроводной воде, в которую в зависимости от требуемой концентрации Fe^{2+} и Mn^{2+} добавлялись: соль «Мора» $FeSO_4(NH_4)_2 \times 6H_2O$ и хлористый марганец $MnCl_2 \times 4H_2O$. Остальные показатели качества соответствовали водопроводной воде г. Н. Новгорода.

Лабораторные исследования современных каталитических материалов проводились на установке, смонтированной в лаборатории кафедры «Водоснабжения,

водоотведения, инженерной экологии и химии» ННГАСУ, г. Н. Новгород.

Исследования выполнялись на моделях фильтров, выполненных из стекла размерами: диаметр (*D*) – 100 мм; высота (*H*) – 1000 мм. Объем загрузки в фильтрующей колонке – 5,5 л. Высота слоя загрузки 700 мм.

Схема лабораторной установки представлена на рис. 1.

Исходный имитат (*1*) подавался из регулирующей емкости в контактную емкость (*3*). В исходный имитат вводился окислитель – 8 % -ный раствор гипохлорита натрия.

Под действием гипохлорита натрия происходит разрушение гуматов и других органических соединений железа и марганца, а также последующий переход их в форму неорганических солей трехвалентного железа и четырехвалентного марганца, которые легко гидролизуются с выпадением в осадок, который извлекается при фильтровании:

$$2\ Fe(HCO_3)_2 + NaOCl + H_2O \Rightarrow 2\ Fe(OH)_3\downarrow + 4CO_2\uparrow + NaCl, \quad (1)$$

$$Mn(HCO_3)_2 + NaOCl \Rightarrow MnO_2\downarrow + 2CO_2\uparrow + NaCl + H_2O, \quad (2)$$

$$2FeSO_4 + NaOCl + H_2O \Rightarrow 2Fe(OH)SO_4\downarrow + 2NaCl. \quad (3)$$

По стехиометрии (уравнениям реакций) на окисление 1 мг двухвалентного железа расходуется 0,64 мг активного хлора, а на окисление 1 мг двухвалентного марганца расходуется 1,3 мг активного хлора. Доза гипохлорита натрия (в пересчете на активный 100 % хлор) определялась по формуле [2]:

$$Д_x = (0{,}64*[Fe^{2+}]) + (1{,}3*[Mn^{2+}]) + (Д_{ОСТ}), \quad (4)$$

где $[Fe^{2+}]$ – концентрация двухвалентного железа в исходной воде, мг/л;

$[Mn^{2+}]$ – концентрация двухвалентного марганца в исходной воде, мг/л;

$Д_{ОСТ}$ – остаточная концентрация активного хлора, мг/л.

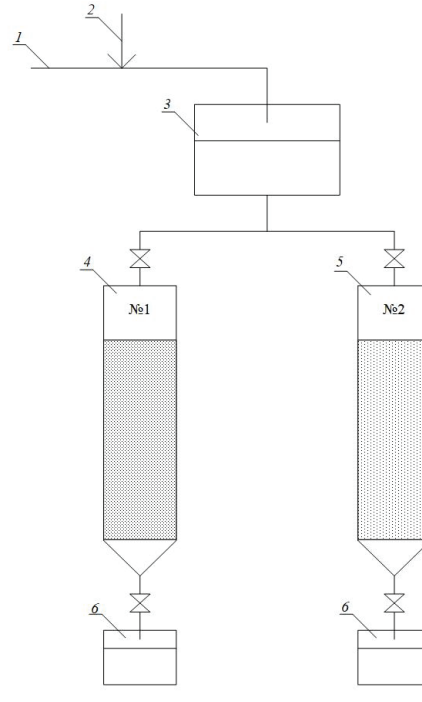


Рис. 1. Схема лабораторной установки: *1* – подача исходной воды (имитата); *2* – ввод окислителя (8 % раствора гипохлорита натрия); *3* – контактная емкость; *4* – фильтрующая колонка с кварцевым песком; *5* – фильтрующая колонка с МЖФ; *6* – сбор фильтрата

Обработанный окислителем имитат выдерживался в контактной емкости (*3*) 30 мин и далее направлялся на фильтровальные колонки (*4 – 8*) с образцами фильтрующих материалов. В фильтрующих колонках задавалась и поддерживалась постоянная скорость фильтрования – 5 и 8 м/ч.

Исследования проводились при равных рабочих параметрах. Отбор проб производился через определенные промежутки времени (30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 мин) одновременно из всех фильтров.

В отобранных пробах определялись железо и марганец. Определение концентраций различных примесей в воде производилось в соответствии с рекомендациями [3]. После каждой серии опытов проводилась промывка загрузки в течение 10 мин обратным током воды. Параметры обратной промывки (интенсивность и расширение слоя загрузки) определялись в зависимости от типа материала в соответствии с рекомендациями производителей.

На рис. 2–3 приведены графики зависимости остаточного содержания железа от скорости фильтрования.

Исследования на фильтрующей колонке, загруженной кварцевым песком, показали, что при фильтровании имитата (Fe – 15 мг/л, Mn – 1,5 мг/л) со скоростью – 5 м/ч эффективность удаления железа составила 88,6 %; эффективность удаления марганца составила 70,6 %. При этом материал МЖФ показал эффективность удаления железа 98,3 %; эффективность удаления марганца составила 94,0 %.

Исследования на фильтрующей колонке, загруженной кварцевым песком, показали, что при фильтровании имитата (Fe – 15 мг/л, Mn – 1,5 мг/л) со скоростью – 8 м/ч эффективность удаления железа составила 85,3 %; эффективность удаления марганца составила 45,3 %. При этом материал МЖФ показал эффективность удаления железа 90,1 %; эффективность удаления марганца составила 80 %.

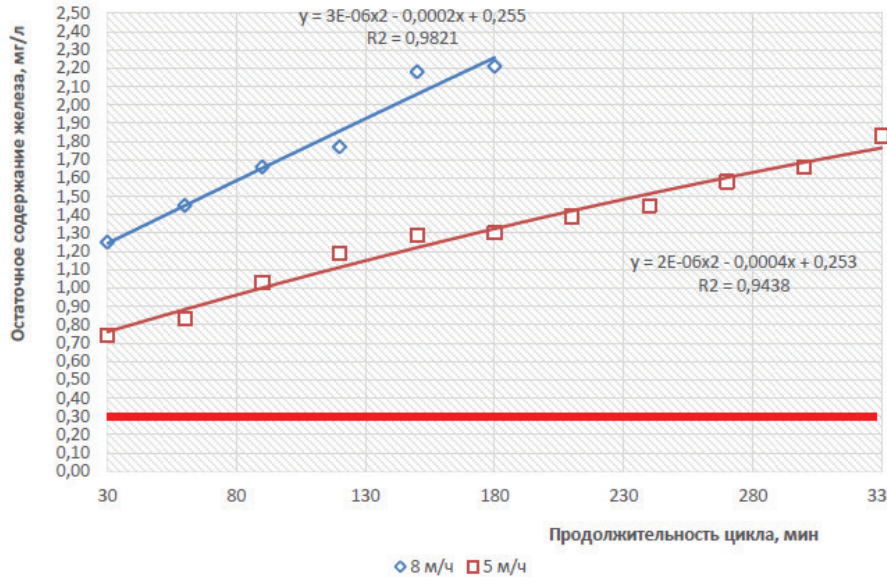


Рис. 2. График зависимости остаточной концентрации общего железа от скорости фильтрования имитата через фильтрующий материал – кварцевый песок

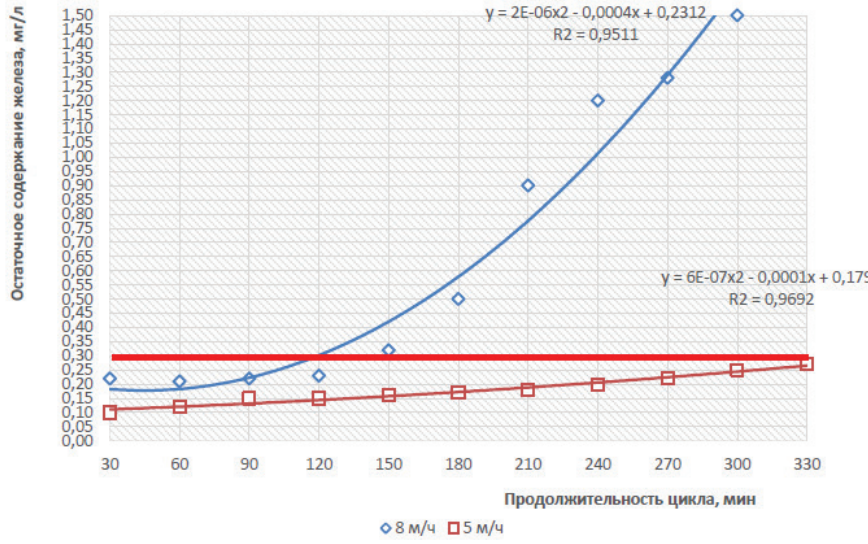


Рис. 3. График зависимости остаточной концентрации марганца от скорости фильтрования имитата через фильтрующий материал МЖФ

В результате исследований установлено:

1. Исходя из анализа экспериментальных данных, следует, что зависимость имеет общий характер: эффективность удаления железа и марганца снижается при увеличении скорости фильтрования. Наиболее оптимальной скоростью является 5 м/ч. При данной скорости наблюдается максимальная эффективность удаления железа и марганца.

2. Наилучшие результаты показал фильтрующий каталитический материал МЖФ, эффективность которого составила: по железу – 98,3–90,1 %; по марганцу – 94–80 %.

3. Кварцевый песок показал неудовлетворительные результаты при всех скоростях фильтрования и поэтому не рекомендуется к использованию в качестве фильтрующего материала для систем водоподготовки при удалении высоких концентраций железа (более 15 мг/л) и марганца (более 1,5 мг/л).

4. По результатам исследований получены математические зависимости, адекватно описывающие влияние скорости фильтрования на эффективность удаления железа и марганца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (с изменениями на 14 февраля 2022 года) : утвержден Госкомсанэпиднадзором Российской Федерации от 20 января 2021 г. : дата введения 01 марта 2021 г. – Москва, 2021. – 67 с. – Текст : непосредственный.

2. Николадзе, Г. И. Улучшение качества подземных вод / Г. И. Николадзе – Москва : Стройиздат, 1987. – 239 с. – Текст : непосредственный.

3. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа : введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 09.10.1972 № 1855 : дата введения 1974-01-01. – Москва, 1974. – 8 с. – Текст : непосредственный.

KYUBERIS Eduard Aleksandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; VASILEV Aleksey Lvovich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry

INVESTIGATION OF THE FILTER MATERIAL "MZF" TO REMOVE HIGH CONCENTRATIONS OF IRON OF WATER TREATMENT SYSTEMS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel./fax: (831) 430-08-60; e-mail: k_viv@nngasu.ru
Key words: water purification, filtering, oxidation, deferrization, water supply.

The article presents the results of studies of modern catalytic filtering materials for obtaining high-quality drinking water from underground sources, which allow applying the obtained experimental data in the design of de-ironing plants, which will ensure further stable growth in the use of underground sources for drinking water supply.

REFERENCES

1. SanPiN 2.1.3684-21. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k soderzhaniyu territorii gorodskikh i selskikh poseleniy, k vodnym obektam, pitevoy vode i pitevomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozdukhu, pochvam, zhilim pomescheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennykh, obschestvennykh pomescheniy, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemiologicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy [Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures] (s izmeneniyami na 14 fevralya 2022 goda): utv. Goskomsanepidnadzorom RF 20.01.21: data vved. 01.03.21. – Moscow, 2021. – 67 p.

2. Nikoladze G. I. Uluchshenie kachestva podzemnykh vod [Groundwater quality improvement] / Moscow : Stroyizdat, 1987. – 239 p.

3. GOST 4011-72 Voda pitevaya. Metody izmereniya massovoy konstentratsii obschego zheleza [Drinking water. Methods for determination of total iron] / Minstroy: data vved. 01.01.74. – Moscow, 1974. – 8 p.

© Э. А. Кюберис, А. Л. Васильев, 2022
Получено: 07.10.2022 г.

УДК 628.31

Н. С. БУХМАН, д-р физ.-мат. наук, проф. кафедры физики; С. Ю. ТЕПЛЫХ, канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения и водоотведения; Л. М. БУХМАН, ст. преп. кафедры строительной механики и сопротивления материалов

О ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВРЕМЕНИ ВПИТЫВАНИЯ СКОПЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ЕЕ СЛОЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВОГРУНТА

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
Россия, 443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 194. Тел.: (846) 339-14-25; эл. почта: nik3141rambler@rambler.ru

Ключевые слова: фильтрация, жидкие загрязнения, пористый грунт, время впитывания, пористость, коэффициент фильтрации.

Рассмотрена динамика впитывания слоя жидкости в пористый грунт под действием силы тяжести. Показано, что не только в случае применимости закона Дарси, но и при использовании самого общего вида закона фильтрации несжимаемой жидкости в изотропной пористой среде время впитывания слоя жидкости в грунт под действием гравитационных сил линейно зависит от исходной толщины этого слоя или, другими словами, средняя по времени впитывания скорость не зависит от исходной глубины жидкости на поверхности почвогрунта.

Одним из значимых источников загрязнения окружающей среды являются поверхностные сточные воды, а также иные пребывающие в жидкой фазе загрязнения (например, нефтепродукты) с полосы отвода железнодорожных путей [1–7]. Для изучения возможных способов борьбы с этими загрязнениями необходимо отчетливо представлять себе пути их возможной миграции как в горизонтальном направлении (сток, перетекание и т. д.), так и в вертикальном направлении (просачивание в грунт).

Там, где нет дождевой сети, поверхностные сточные воды отводятся по рельефу местности в нижерасположенные места: овраги, реки, озера и т. д. Изначально отведение поверхностных сточных вод предусматривалось только с твердых покрытий: автодорог, крыш домов и пр. Железнодорожное полотно и железнодорожные станции не рассматривались как объект загрязнения поверхностных и грунтовых вод. Так, на железнодорожных путях, станциях и перегонах, в частности на железнодорожных станциях Самары, не предусмотрены мероприятия по сбору, отведению и очистке поверхностных сточных вод [1, 5]. Протяженность путей Куйбышевской железной дороги (КЖД) составляет 11 502,5 км, а их общая площадь (с учетом полосы отвода 50 м) – 575,125 км^2.

Атмосферные осадки, попадая на железнодорожное полотно, могут рассматриваться:

– как сток с щебеночной и затем сток с грунтовой поверхности;
– как инфильтрация в грунт;
– как испарение с поверхности.

Средние концентрации загрязнений по нефтепродуктам составляют порядка 1500 мг/кг, что превышает предельно допустимую концентрацию (для грунтов – 1000 мг/кг) в 1,5 раза.

Данная работа посвящена изучению временной зависимости (динамики) впи-

тывания слоя жидкости с первоначальной глубиной $h_{в0}$ (лужи) в пористый грунт. Ясно, что с ходом времени глубина слоя жидкости $h_в(t)$ постепенно уменьшается от начального значения $h_{в0}$ до нуля (полное впитывание), а глубина насыщенного влагой слоя грунта $h_г(t)$ постепенно увеличивается от нуля до максимального значения $h_{г0} = h_{в0}/m$, где m – пористость грунта. В работе [10] эта задача решена в одномерном ($1D$) варианте в квазистационарном приближении в предположении справедливости классического закона Дарси [8, 9], то есть в предположении о линейной зависимости между силой сопротивления среды фильтрации жидкости и скоростью фильтрации.

Окончательный результат решения этой задачи имеет вид [10]:

$$t_{вп} = t_0 \frac{1}{1-m}\left(1+\frac{m\ln m}{1-m}\right), \tag{1}$$

где параметр $t_0 = h_{в0}/C$ имеет смысл времени впитывания жидкости при условии, что впитывание происходит с «гравитационной» скоростью безнапорной фильтрации жидкости C; $C = \frac{k\rho g}{\mu}$ – коэффициент фильтрации жидкости в грунте, k – коэффициент проницаемости грунта [8, 9], ρ и μ – плотность и вязкость жидкости, g – ускорение свободного падения.

Нетрудно заметить, что в соответствии с формулой (1) время впитывания оказывается прямо пропорционально исходной глубине слоя жидкости, что выглядит, на первый взгляд, несколько странно. Действительно, в этом случае оказывается, что средняя по времени впитывания скорость уменьшения глубины лужи

$$u_{ср} = h_{в0}/h_{вп} = \frac{C(1-m)}{1+\frac{m\ln m}{1-m}} \tag{2}$$

не зависит от ее исходной глубины $h_{в0}$. Между тем при большей исходной глубине лужи напор слоя жидкости над грунтом также оказывается больше, и потому скорость впитывания очевидно должна быть тем больше, чем больше глубина лужи. Разрешается отмеченный «парадокс», очевидно за счет того обстоятельства, что с ростом глубины лужи возрастает не только напор слоя жидкости над грунтом, но также и толщина насыщенного влагой слоя грунта под лужей, через который и происходит фильтрация. Очевидно, что независимость средней скорости снижения уровня жидкости в луже от ее глубины связана с точной взаимной компенсацией двух отмеченных выше противоположных эффектов.

В связи с этим возникает вопрос: сохраняется ли эта «компенсация» при более реалистических предположениях о законе фильтрации жидкости или же она является следствием именно закона Дарси в его простейшем, «классическом» [8, 9] варианте? Ответу на этот вопрос и посвящена данная работа.

Известно [8, 9], что закон Дарси в «классическом» виде

$$0 = -\,\mathrm{grad}(p) + \rho g - \frac{\mu}{k}\cdot u \tag{3}$$

справедлив только в случае достаточно медленных (ламинарных) течений жидкости в поровых промежутках, когда число Рейнольдса мало в сравнении с 1.

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho u\sqrt{k}}{\mu} = \frac{u}{u_{\mathrm{Re}}}, \tag{4}$$

где u – скорость фильтрации жидкости, $u_{\mathrm{Re}} = \dfrac{\mu}{\rho\sqrt{k}}$ – некоторая характерная для данной среды скорость фильтрации, при которой число Рейнольдса равно 1. (5)

Закон Дарси в классической форме применим только при выполнении условия $u << u_{\mathrm{Re}}$. В случае нарушения этого условия происходит переход к «турбулентному» режиму фильтрации, при котором соотношение (3) неприменимо.

Использование методов теории подобия позволяет утверждать [8], что самая общая форма закона фильтрации (разумеется, в рамках квазистационарного приближения, без учета сил инерции) имеет вид:

$$0 = -\mathrm{grad}(p) + \rho g - \frac{\mu}{k}\cdot u f(\mathrm{Re}), \tag{6}$$

где $f(\mathrm{Re})$ – некоторая функция своего аргумента, удовлетворяющая условию нормировки $f(\mathrm{Re}) = 1$ при $\mathrm{Re} = 0$.

Воспользовавшись (см. [10]) соотношением

$$h_г(t) = \frac{h_{в0} - h_в(t)}{m}, \tag{7}$$

можно переписать уравнение Дарси (6) в виде

$$uf(u) = C\left(1 + m\frac{h_в}{h_{в0} - h_в}\right), \text{ или,} \tag{8}$$

введя обозначения $\mathrm{Re}_C = C/u_{\mathrm{Re}} = \rho^2 g k^{3/2}\mu^{-2}$ и $x = h_в/h_{в0}$, а также воспользовавшись формулой (4), – в виде

$$\mathrm{Re}\, f(\mathrm{Re}) = \mathrm{Re}_C = \left(1 + m\frac{x}{1-x}\right). \tag{9}$$

Введя обозначение $\varphi(x) = xf(x)$, обозначив $\varphi^{-1}(x)$ функцию, обратную к функции $\varphi(x)$ и воспользовавшись (см. [10]) соотношением

$$u(t) = -\frac{dh_в}{dt} = m\frac{dh_г}{dt}, \tag{10}$$

имеем дифференциальное уравнение

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{u_0}{h_{в0}}\varphi^{-1}\left[\mathrm{Re}_C\left(1 + m\frac{x}{1-x}\right)\right] \tag{11}$$

с общим интегралом

$$\int dt = -\frac{h_{в0}}{u_{\mathrm{Re}}}\int\frac{dx}{\varphi^{-1}\left[\mathrm{Re}_C\left(1 + m\frac{x}{1-x}\right)\right]}. \tag{12}$$

Обозначив момент начала впитывания $t = 0$, момент конца впитывания $t = t_{вп}$, и учтя, что в начальный момент $x = 1$ ($h_в = h_{в0}$), а в конечный $x = 0$ ($h_в = 0$), окончательно для времени впитывания имеем

$$t_{вп} = \frac{h_{в0}}{u_{\mathrm{Re}}}\int_0^1\frac{dx}{\varphi^{-1}\left[\mathrm{Re}_C\left(1 + m\frac{x}{1-x}\right)\right]}. \tag{13}$$

Теперь видно, что при самом общем виде закона фильтрации (в том числе и

в случае турбулентного режима фильтрации) зависимость времени впитывания от исходной глубины лужи в исходно сухой грунт по-прежнему линейна, а средняя скорость впитывания $u_{ср}$ по-прежнему не зависит от исходной глубины лужи.

$$u_{ср} = h_{в0}/t_{вп} = \frac{u_{\mathrm{Re}}}{\int\limits_0^1 \frac{dx}{\varphi^{-1}\left[\frac{C}{u_{\mathrm{Re}}}\left(1+m\frac{x}{1-x}\right)\right]}}. \qquad (14)$$

Разумеется, для проведения конкретных расчетов по формуле (14) необходимо знать конкретный вид функции $\varphi(x) = xf(x)$, но сделанный вывод о независимости средней скорости впитывания в исходно сухой грунт остается справедлив при любом виде этой функции.

Вместе с тем следует отметить, что отнюдь не все результаты классического закона Дарси (3) распространяются на общий случай (6), и факт независимости средней скорости впитывания от исходной глубины лужи является скорее исключением из правил, чем общим правилом. Например, линейная зависимость средней скорости фильтрации (2) от коэффициента фильтрации C и ее независимость от прочих параметров среды (кроме пористости) «по отдельности» имеет место только в случае применимости закона Дарси в классической форме – в общем случае нелинейности функции $\varphi(x) = xf(x)$, (а следовательно, и функции $\varphi^{-1}(x) = xf(x)$) средняя скорость фильтрации зависит от пористости m, коэффициента фильтрации $C = \frac{k\rho g}{\mu}$ и параметра $u_{\mathrm{Re}} = \frac{\mu}{\rho\sqrt{k}}$ «по отдельности», причем нелинейным образом.

Вывод. Показано, что время впитывания слоя жидкости в грунт под действием гравитационных сил линейно зависит от исходной толщины этого слоя или, другими словами, средняя по времени скорость впитывания не зависит от исходной глубины жидкости на поверхности почвогрунта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков, А. К. Охрана окружающей среды и экология гидросферы : учебник / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых. – Самара : СГАСУ, 2013. – 487 с. : ил. – ISBN 978-5-9585-0523-4. – Текст : непосредственный.

2. Экологические аспекты воздействия поверхностных сточных вод с железнодорожных станций / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых, П. А. Горшкалев, А. М. Саргсян. – Текст : непосредственный // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2013. – № S4 (13). – С. 83–88.

3. Оценка экологического состояния технической полосы отвода / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых, П. А. Горшкалев, А. М. Саргсян. – Текст : непосредственный // Путь и путевое хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 31–34.

4. Анализ и характеристика фильтрации поверхностного стока в балластной призме железнодорожного пути / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых, Н. С. Бухман, А. М. Саргсян. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 12. – С. 63-72.

5. Стрелков, А. К. Методика определения категории загрязненности железнодорожных путей / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых, П. А. Горшкалев. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика : материалы 66-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР за 2008 г. / Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара, 2009. – С. 109-111.

6. Стрелков, А. К. Влияние хозяйственной деятельности на качественный состав по-

верхностных водотоков / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых, П. А. Горшкалев. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 8. – С. 21–26.

7. Современное состояние вопроса сбора и очистки поверхностного стока с железной дороги / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых, П. А. Горшкалев, А. М. Саргсян. – Текст : непосредственный // Научное обозрение. – 2014. – № 4. – С. 123–129.

8. Леонтьев Н. Е. Основы теории фильтрации : учебное пособие / Н. Е. Леонтьев. – Москва : Изд-во Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2009. – 88 с. – Текст : непосредственный.

9. Маскет, М. Течение однородных жидкостей в пористой среде / М. Маскет ; Институт компьютерных исследований. – Москва ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2004. – 628 с. – Текст : непосредственный.

10. Бухман, Н. С. Динамика впитывания жидких загрязнений в пористый грунт / Н. С. Бухман, С. Ю. Теплых, Л. М. Бухман. – Текст : непосредственный // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2021. – № 4 (132). – С. 51–59.

BUKHMAN Nikolay Sergeevich, doctor of physical and mathematical sciences, professor of the chair of physics; TEPLYKH Svetlana Yurevna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of water supply and wastewater; BUKHMAN Lyubov Mikhaylovna, senior teacher of the chair of construction mechanics and material resistance

ON THE LINEAR DEPENDENCE OF THE ABSORPTION TIME OF A PUDDLE ON ITS DEPTH

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya St., Samara, 443100, Russia. Tel.: +7 (846) 242-35-79; e-mail: physics@samgtu.ru
Key words: filtration, liquid contamination, porous soil, absorption time, porosity, filtration coefficient.

The article considers dynamics of absorption of a liquid layer into a porous soil under the influence of gravity. It is shown that not only in the case of the applicability of Darcy's law, but also when using the most general form of the incompressible fluid filtration law in an isotropic porous medium, the absorption time of a liquid layer into the ground under the action of gravitational forces linearly depends on the initial thickness of this layer or, in other words, the average absorption rate does not depend on the initial depth of the puddle.

REFERENCES

1. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu. Okhrana okruzhayuschey sredy i ekologiya gidrosfery [Environmental protection and ecology of the hydrosphere] : uchebnik / Samara: SGASU, 2013. 487 p. : il. – ISBN 978-5-9585-0523-4.

2. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu., Gorshkalev P. A., Sargsyan A. M. Ekologicheskie aspekty vozdeystviya poverkhnostnykh stochnykh vod s zheleznodorozhnykh stantsiy [Environmental aspects of the impact of surface wastewater from railway stations] // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arkhitektura [Urban Construction and Architecture]. 2013, № S4, (13). P. 83–88.

3. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu., Gorshkalev P. A., Sargsyan A. M. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya tekhnicheskoy polosy otvoda [Assessment of ecological condition of a technical right-of-way lane] // Put i putevoe khozyaystvo [Railway track and facilities]. 2014. № 3. P. 31–34.

4. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu., Bukhman N. S., Sargsyan A. M. Analiz i kharakteristika filtratsii poverkhnostnogo stoka v ballastnoy prizme zheleznodorozhnogo puti [Analysis and specifications of filtration of surface runoff from railway track ballast section] // Vodosnabzhenie

i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary equipment]. 2015. № 12. P. 63−72.

5. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu., Gorshkalev P. A. Metodika opredeleniya kategorii zagryaznyonnosti zheleznodorozhnykh putey [Methodology for determining the category of pollution of railway tracks] / Aktualnye problemy v stroitelstve i arkhitekture. Obrazovanie. Nauka. Praktika [Actual problems in construction and architecture. Education. Science. Practice.]. Materialy 66-y Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii po itogam NIR za 2008 g. Samarskiy gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Samara, 2009. P. 109–111.

6. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu., Gorshkalev P. A. Vliyanie hozyajstvennoj deyatel'nosti na kachestvennyj sostav poverhnostnyh vodotokov [The influence of economic activity on the qualitative composition of surface watercourses] // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary engineering]. 2014. № 8. P. 21–26.

7. Strelkov A. K., Teplykh S. Yu., Gorshkalev P. A., Sargsyan A. M. Sovremennoe sostoyanie voprosa sbora i ochistki poverkhnostnogo stoka s zheleznoy dorogi [The current state of the issue of collecting and cleaning surface runoff from the railway] // Nauchnoe obozrenie [Scientific Review.]. 2014. № 4. P. 123–129.

8. Leontev N. E. Osnovy teorii filtratsii [Fundamentals of filtration theory]: uchebnoe posobie. – Moscow : Izd-vo Tsentra prikladnykh issledovaniy pri mekhaniko-matematicheskom fakultete MGU, 2009, 88 p.

9. Masket M. Techenie odnorodnykh zhidkostey v poristoy srede [The flow of homogeneous liquids in a porous medium]. Institut kompyuternykh issledovaniy. – Moscow–Izhevsk: NIC «Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika» [Institute of Computer Research. – Moscow–Izhevsk: Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika [Regular and chaotic dynamics], 2004, 628 p.

10. Bukhman N. S., Teplykh S. Yu., Bukhman L. M. Dinamika vpityvaniya zhidkikh zagryazneniy v poristy grunt [Dynamics of absorption of liquid contaminants into porous soil] // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov [Problems of collection, preparation and transport of oil and petroleum products]. 2021. № 4 (132). P. 51–59.

© Н. С. Бухман, С. Ю. Теплых, Л. М. Бухман, 2022

Получено: 10.09.2022 г.

УДК 72.01

Г. Ф. ГОРШКОВА, д-р архитектуры, проф. кафедры архитектурного проектирования

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ЧЕЛОВЕКА

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-83; эл. почта: arch@nngasu.ru
Ключевые слова: геометрическая формула архитектуры; архитектурное пространство и взаимодействие с ним человека.

На основе анализа известных изображений архитектурного человека показаны исторические этапы его взаимодействия с пространством.

Объясняется неразрывная взаимосвязанность сознания и движения человека с процессом формирования и формообразования в архитектурном пространстве.

Архитектура «как сложная искусственная система не могла возникнуть, если бы в самом механизме познания человеком объективного мира не были подготовлены благоприятные факторы для ее появления [1, с. 30]. Архитектурную деятельность можно рассматривать как систему совместного общения между человеком и пространством, при этом «человек архитектурный» и «архитектурное пространство» – элементы этой системы» [2, с. 27–29].

Этапы пространственного развития человечества (рис. 1 цв. вклейки), представленные здесь рисунками, отражают основные характеристики каждого из моментов архитектурной истории. Смысловое содержание в каждом из рисунков определяется в первую очередь через отношение между геометрическими фигурами и фигурой человека. Утверждается, что «каждое живое существо, а человек особенно, возникая и развиваясь в пространстве, распространяется вовне от самого себя, от своего внутреннего центра, от своего «я» [3, с. 18].

Витрувий (рис. 1*а* цв. вклейки) в I в. до н. э. фиксирует эпоху Древнего Рима, когда в крестообразной форме фигуры человека отражалась поверхностная направленность на имперское освоение территорий по четырем сторонам света. Известно, что устройство военных поселений и городов было подчинено крестообразному пересечению двух главных направлений: север-юг (Кардо) и запад-восток (Декуманос). На рисунке плоскость квадрата изображает невидимую геодезическую сетку параллелей и меридианов на условной поверхности Земли с углом между ними в 90°. Через территориальную поверхность Земля, сообщая свою энергетическую силу, направляла человека и балансировала его активное продвижение по поверхности. Как видно из рисунка, множеством непроявленных линий-связей знания о пространстве человек получал из непознаваемой области пространства через круги практической деятельности (вокруг кистей рук) на основе ручного труда. При этом центр пространственного сознания находится между линией образов и линией сердца, осуществляя эмоциональный баланс. Круг вокруг головы, диаметр которого проходит через линию глаз, обозначает сферу зримых мыслеобразов. Через оптическое зрение образная логика (ум) пространства соединяется с уровнем знаний человека.

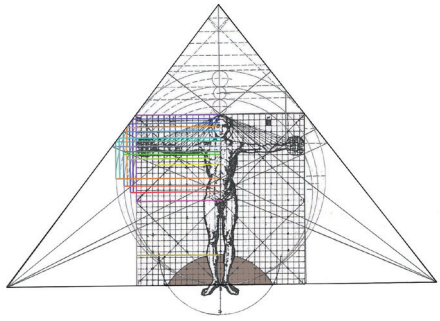
Л. Да Винчи (рис. 1*б* цв. вклейки) в 1490 году создал рисунок, представляющий канон пропорций человеческого тела. В нем Леонардо усовершенствовал концепцию Витрувия, «сделав возможным одновременное восприятие двух отдельных, наложенных друг на друга прозрачных изображений, таким образом указав на возможность перехода из одной позиции в другую» [4, с. 82]. Им же еще в ранних рисунках «формулировался основополагающий принцип «активного движения», которое объект выполняет «в себе», не изменяя положения в пространстве» [4, с. 80].

Действительно, как это выявляет анализ рисунка, геометрическая структура выражает в первую очередь важность нового понимания пространства как взаимосвязанного процесса сознания и процесса движения, но не внешнего (по поверхности земли), но внутреннего (вверх) – духовного. В отличие от первого рисунка, здесь движение зависит не от силы притяжения Земли, но от проекционной силы Неба, а именно от сферы небесного духа. Точки пересечения квадрата и круга обозначают механизмы пространственного взаимодействия в момент актуализации. В тот момент единство интуитивного мышления и логики движения возможно при включении фактора божественной (золотой) гармонии при формировании матрицы (рисунка) в пространстве движения. При этом сила движения, поднимая сознание над плоскостью бытия, активирует аналитический (проявленный) уровень мышления. Эта система новых отношений пространства и человека на несколько столетий предопределила известную в истории архитектуры эпоху науки и искусства, называемую Ренессансом.

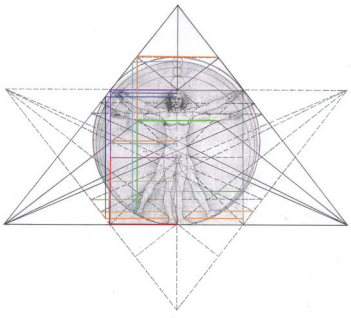
Академический рисунок (рис. 1*в* цв. вклейки), выполненный в Санкт-Петербурге в рамках императорской Академии художеств, был разработан преподавателями в качестве образца «в профиль и фас» фигуры человека. В 1772 г. было издано «Изъяснение краткой пропорции человека, основанной на достоверном исследовании разных древних статуй», которому должен следовать начинающий художник [5]. Здесь в отличие от рисунка Леонардо рука художника не касается небесных сфер, она ограничивается духовной сферой Земли, что означает усвоение человеком информации, получаемой им из поля Планеты, которая напрямую проецируется из сакральной части небесного бытия. Божественная гармония через проекцию из сакральной области небес определяет эпоху важности архитектуры как реального объемно-пространственного искусства. Изображение в двух проекциях сразу, а также более точная и выразительная прорисовка тела человека подготавливают человека к важности зрительного восприятия объемной формы. Объединение двух проекций в трехмерную реальность требует тренированности объемно-пространственного воображения. Отсюда большое внимание к точности академического художественного образования.

Этому способствует параллельная возможность информационного расширения пространства: привычного через установившиеся (рациональные) знания о пространстве, с одной стороны, и интуитивного (еще не явленного) мышления, с другой. Об этом свидетельствует положение кисти руки. Точность внешнего формообразования в пространстве гарантируется кончиками пальцев, через которые человек получает и проявляет свои познания о реальности. Для изящной формы через интуитивное (внутреннее) «сканирование» информационного поля планеты происходит обогащение ментальной способности к формообразованию. Линия между знанием и мыслью проходит точно внутрь ладони, архитектор проявляет ее через эскизы рисунков и чертежей. Через ручное рисование информация из поля планеты становится новым актуальным знанием архитектора. При этом образы

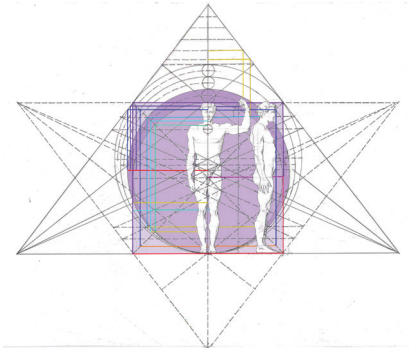
К СТАТЬЕ Г. Ф. ГОРШКОВОЙ «ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ЧЕЛОВЕКА»



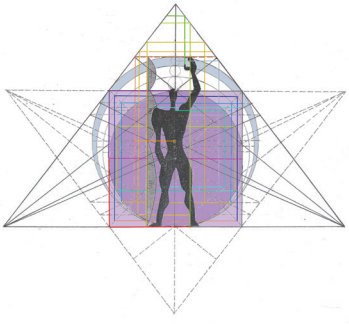
а



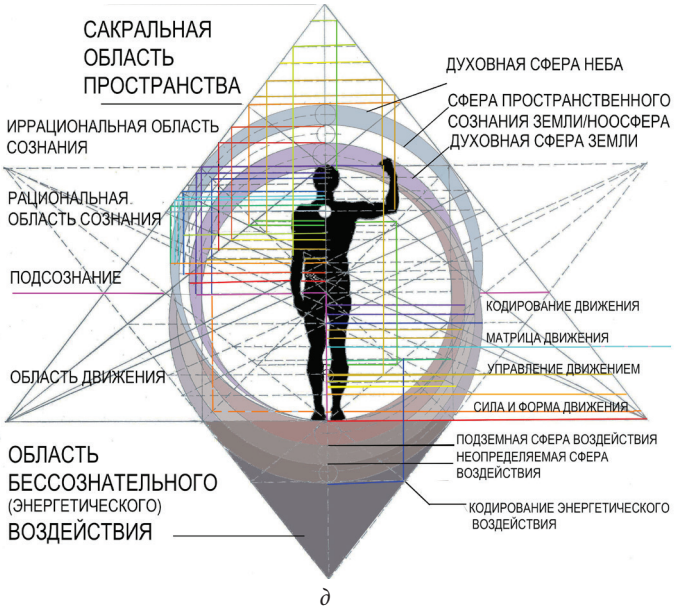
б



в



г



д

Рис. 1. Фигура человека как отражение актуального пространственного сознания

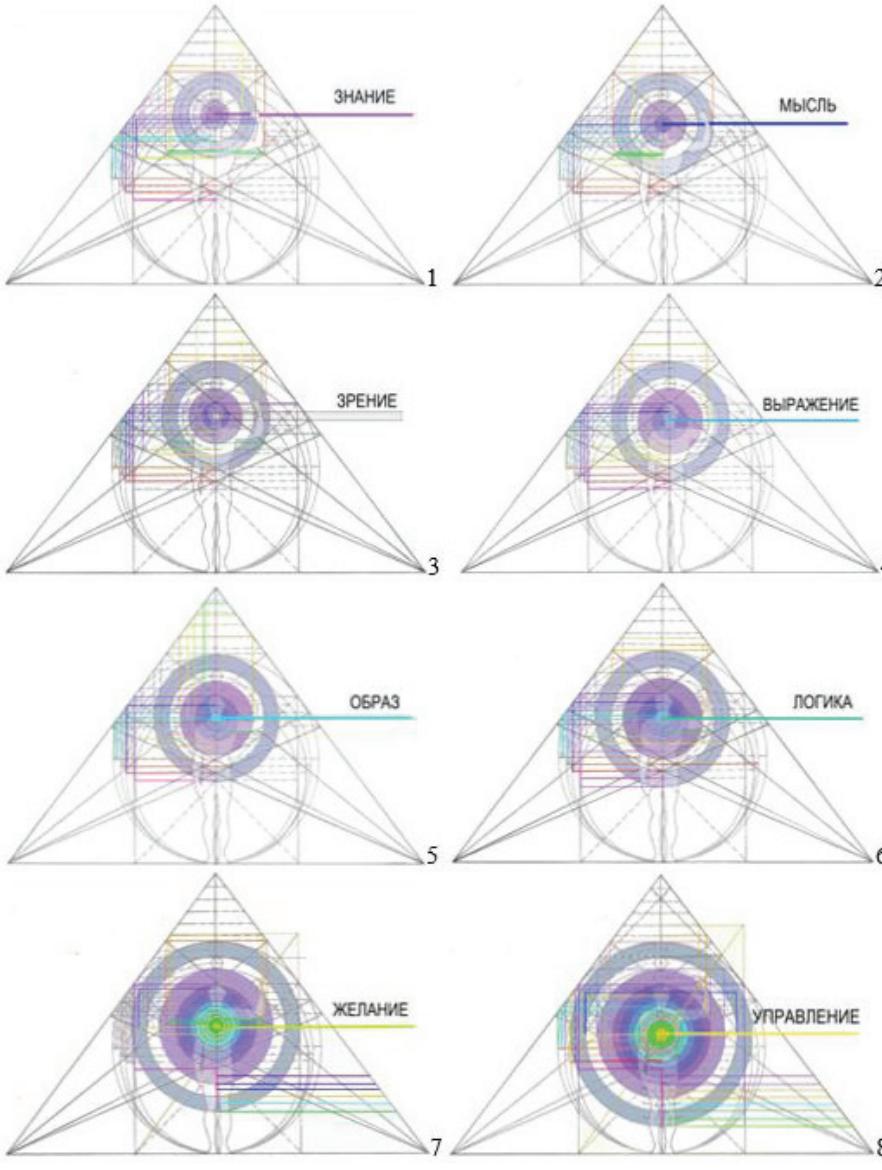


Рис. 2. Фокусные центры проявления пространственного сознания

(очертания формы) проявляются синхронно с моментом решаемой задачи.

Ле Корбюзье (рис. 1*г* цв. вклейки) представил фигуру человека, заключенную в квадрат, в виде системы взаимодействия с пространством под названием «модулер» как «средство измерения, основой которого является рост человека и математика» [6, с. 250]. Далее он утверждает, что «человек с поднятой рукой даст нам точки, определяющие занятое пространство…». Действительно, несмотря на очевидную условность очертаний фигуры, удивляет точность совпадения ее немногих точек с взаимодействием линий, определяющих актуальное качество цивилизационного момента в архитектуре, получившего в XX веке наименование «модернизм», таких как точность, лаконичность и расчетливость формообразования. Кубическая структура пространства обеспечивает внешнее восприятие объемно-пространственной формы зачастую как композиционно упрощенной или аскетичной. Ссылаясь на кубистов, которые в начале века впервые заговорили о четвертом измерении, Ле Корбюзье замечает: «четвертное измерение, видимо, является поворотным пунктом, вызванным гармоничным единством вновь открытых чисто пластических возможностей в современном искусстве» [6, с. 239].

Рисуя человека, достигшего рукой небесных горизонтов, автор «модулера», по сути, предсказал к концу века революционный прорыв за пределы привычного жизненного пространства, в пока не познаваемую область бытия. Нарисованная им «архитектурная рука» обеспечила человечеству проекцию небесной сферы в точку жизненной силы, пробудив ментальную устремленность ввысь. Божественная (золотая) проекция определила точность математических расчетов. Другой фактор – фактор движения – стал новой явностью на протяжении прошедших ста лет, повернув внимание к линейной форме как по горизонтальному, так и вертикальному типу пространственного мировосприятия и формообразования. Все это определило свершившийся к концу века прогресс в области строительной и промышленной технологий в градостроительстве и архитектуре.

Современное представление (рис. 1 *д* цв. вклейки) о структуре архитектурного пространства также может быть обозначено через фигуру человека, поскольку «само человеческое тело с его космическими соответствиями может стать инструментом познания действительности…» [7, с. 15]. При этом также известно, что «число π олицетворяет собой … границу между квадратом и кругом, между обычным сознанием и сознанием внешним…, …оно символизирует все то, что называют трансцендентными числами» [8, с. 95]. Эту трансцендентность, т. е. запредельное влияние на наш бытийный мир человек испытывает не только, обращаясь к абстрактным или сакральным высотам, но также к непознанным глубинам, где кодируются потоки различных энергий, сферически входящих в реальное кубическое пространство и через планету определяющих пространственное сознание человека на всех уровнях: глобальном, территориальном, социальном, индивидуальном. В настоящее время констатируется, что «пространство заполнено громадным количеством энергии, управлять которой можно информацией, формируя различные материальные потоки…», «но люди почти никогда не видят причин и мотивов того или иного действия, а видят только следствие вещественных взаимодействий в природе» [9, с. 137]. Понимание того, что информация невещественна и является пусковым механизмом вещественных проявлений энергии, по сути, являясь некой программой, показано на примере Римского Пантеона (I в н. э.) [10].

Прошедшие 2000 лет в истории архитектуры показывают, что цивилизационные

повороты во взаимодействии человечества с пространством происходят во времени с разными интервалами, которые постоянно сокращаются. Этому способствует усложнение пространственного сознания за счет взаимодействия двух геометрических структур – кубической (рациональной) и сферической (иррациональной), а также за счет проникновения в сакральную зону управления пространством. Пространство «дышит», соединяя Небо и Землю, через сознание человека оно влияет на жизнь человечества. Фокусные центры проявления пространственного сознания (рис. 2 цв. вклейки) иллюстрируют движение процессов этого внутреннего дыхания. Одни из них (рис. 2.1–2.5 цв. вклейки) описывают ментальную (умственную, духовную) систему пространственного сознания. Другие (рис. 2.6–2.8 цв. вклейки) – двигательную (физическую) систему пространственного сознания. Так, через актуальное «знание» (рис. 2.1 цв. вклейки) Земля дает человеку понимание пространства, а Небо своей силой побуждает желание к формообразованию. «Мысль» (рис. 2.2 цв. вклейки) напрямую соединяет абстракцию небесного духа с логикой пространственной взаимосвязанности (ума) в точке земного формообразования. Через «зрение» (рис. 2.3 цв. вклейки) происходит сканирование внешнего пространства, согласование его с ментальным (внутренним) пространством и затем – выражение мыслительно-образной логики. «Выражение» (рис. 2.4 цв. вклейки) актуализирует процесс ментального сознания, которое на языке архитектуры закрепляется графическими очертаниями и схемами. В результате проявляется «образ» (рис. 2.5 цв. вклейки) как завершение творческого акта формообразования. При этом Небо подпитывает и направляет суммарное ментальное сознание в точку подсознания, из которой далее информационная «логика» (рис. 2.6 цв. вклейки) закрепляется как пространственная память на физическом плане в зоне движения.

Активизация «желания» (рис. 2.7 цв. вклейки) задает стремление к распространению вдоль вертикального (ментального) или горизонтальных (логистических) направлений. В первом случае откликается сердечный уровень жизненного пространства: небо силой воздействия активирует потребность в гармонизации жизненного пространства. Во втором случае небо активирует потребность в сопряжении божественной логики с матрицей телесного передвижения. Земля при этом активирует фактическую и интуитивную память пространства, кодирует (определяет) бессознательную структуру движения. «Управление» (рис. 2.8 цв. вклейки) жизненным пространством проистекает из волевого усилия, которое согласует (синхронизирует) логику сознания с логикой физического движения. При этом непознаваемая часть жизненного пространства, опускаясь на физический уровень, определяет матрицу пространственного движения.

Суммируя все вышеизложенное, можно утверждать, что в современном представлении об архитектурном пространстве происходит изменение парадигмы. Возможно, предстоит раскрытие новых экзистенциальных тайн бытия, и человек архитектурный будет способен подготовиться к нему.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шубенков, М. В. Структурные закономерности архитектурного формообразования [Structural patterns of architectural shaping] : учебное пособие / М. В. Шубенков. – Москва : Архитектура-С, 2006. – 320 с. : ил. – ISBN: 5-9647-0105-1. – Текст : непосредственный.

2. Савченко, М. Р. Архитектура как наука : методология прикладного исследования / М. Р. Савченко. – Москва : Едиториал УРСС, 2004. – 320 с. – ISBN 5-354-00845-X. – Текст : непосредственный.

3. Павлов, Н. Л. Алтарь. Ступа. Храм. Архаическое мироздание в архитектуре индоевропейцев / Н. Л. Павлов. – Москва : ОЛМА-ПРЕСС, 2001. – 368 с. : ил. – ISBN 5-224-01571-5. – Текст : непосредственный.

4. Леонардо да Винчи. Гениальный художник и ученый [Leonardo da Vinci. Brilliant artist and scientist] / перевод с английского. – Книжный клуб : Харьков, Белгород, 2008. – 143 с. : ил. – Текст : непосредственный.

5. Учебный рисунок в академии художеств : альбом / под редакцией Б. С. Угарова ; составитель Д. А. Сафаралиева. – Москва : Изобразительное искусство, 1990. – 160 с. : ил. – Текст : непосредственный.

6. Ле Корбюзье. Архитектура XX века / Ле Корбюзье. – Москва : Прогресс, 1970. – 303 с. : ил. – Текст : непосредственный.

7. Неаполитанский, С. М. Сакральная геометрия / С. М. Неаполитанкий, С. А. Матвеев. – Санкт-Петербург : Святослав, 2003 – 632 с. : ил. – ISBN 5-87383-008-8. – Текст : непосредственный.

8. Тихоплав, В. Ю. Начало начал / А. В. Тихоплав, Т. С. Тихоплав. – Санкт-Петербург : Весь, 2003. – 288 с. : ил. – (На пороге Тонкого Мира). – Текст : непосредственный.

9. Мерелл-Вольф, Ф. Математика, философия и йога / Ф. Мерелл-Вольф ; перевод с английского. – Киев : София, 1999. – 160 с. – ISBN 5-220-00211-2. – Текст : непосредственный.

10. Горшкова, Г. Ф. Архитектурная проекция времени в пространстве Земли / Г. Ф. Горшкова. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 4. – С. 141–145.

GORSHKOVA Galina Fyodorovna, doctor of architecture, professor of the chair of architectural design

SPATIAL EVOLUTION OF ARCHITECTURAL MAN

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-17-83; e-mail: arch@nngasu.ru
Key words: geometric formula of architecture; architectural space and human interaction with it.

Based on the analysis of known images of an architectural person, the historical stages of his interaction with space are shown. The inextricable interconnectedness of human consciousness and movement with the process of formation and shaping in the architectural space is explained.

REFERENCES

1. Shubenkov M. V. Strukturnye zakonomernosti arkhitekturnogo formoobrazovaniya [Structural patterns of architectural shaping] : ucheb. posobie. – Moscow: Arkhitektura-S, 2006. – 320 p.: il. – ISBN: 5-9647-0105-1.

2. Savchenko M. R. Arkhitektura kak nauka: metodologiya prikladnogo issledovaniya [Architecture as Science: Applied Research Methodology]. – Moscow: Editorial URSS, 2004. – 320 p. – ISBN 5-354-00845-X.

3. Pavlov N. L. Altar. Stupa. Khram. Arkhaicheskoe mirozdanie v arkhitekture indoevropeytsev [Archaic universe in the architecture of Indo-Europeans]. – Moscow : OLMA-PRESS, 2001. – 368 p.: il. – ISBN 5-224-01571-5.

4. Leonardo da Vinchi. Genialny khudozhnik i uchyony [Leonardo da Vinci. Brilliant artist and scientist] / Per. s angl. – Knizhny klub: Kharkov, Belgorod, 2008. – 143 p.: il.

5. Uchebny risunok v Akademii khudozhestv: Albom [Educational drawing at the Academy of Arts: Album] / Pod red. B. S. Ugarova; sostavit. D.A. Safaralieva. – Moscow: Izobrazitelnoe iskusstvo, 1990. – 160 p.: il.

6. Le Korbyuze. Arkhitektura XX veka [Le Corbusier. Architecture of the 20th century]. – Moscow: Progress, 1970. – 303 p.: il.

7. Neapolitansky S. M., Matveev S. A. Sakralnaya geometriya [Sacred geometry]. – Saint-Petersburg: Svyatoslav, 2003. – 632 p.: il. – ISBN 5-87383-008-8.

8. Tikhoplav V. Yu., Tikhoplav T. S. Nachalo nachal [The beginning of the beginning]. – Saint-Petersburg: Ves, 2003. – 288 p.: il. – (Na poroge Tonkogo Mira).

9. Merell-Volf F. Matematika, filosofiya i yoga [Mathematics, Philosophy and Yoga]; per. s angl. – Kiev: Sofiya, 1999. – 160 p. – ISBN 5-220-00211-2.

10. Gorshkova G. F. Arkhitekturnaya proektsiya vremeni v prostranstve Zemli [Architectural projection of time within the Earth space] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. № 4. P. 141–145.

© Г. Ф. Горшкова, 2022
Получено: 01.010.2022 г.

УДК 711.4.163
Е. Ю. АГЕЕВА, д-р филос. наук, проф. кафедры архитектуры;
А. Е. КУДРЯВЦЕВ, студент

ВАРИАНТЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НЕЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;
эл почта: arch@nngasu.ru
Ключевые слова: потенциал реновации промышленных территорий; причины реновации промышленных зданий; преобразование промпредприятий в общественно-деловую и торговую зону, жилую застройку, рекреационную зону; реновация недействующих промышленных предприятий.

Необходимость реновации недействующих промышленных предприятий в различных вариантах: преобразование промышленных предприятий в общественно-деловую и торговую зону, организация на месте промышленных предприятий жилой застройки, вариант преобразования территории недействующих промышленных предприятий в парковые и рекреационные зоны.

Сегодня во многих крупных городах актуальной проблемой является реновация недействующих промышленных предприятий. Необходимость реновации этих объектов связана с их технологическим, моральным и физическим старением, из-за чего они не могут соответствовать требованиям современных экологических норм и норм безопасности.

Количество промышленных предприятий и территорий, которые по различным причинам прекратили свою работу, растет. При этом в результате расширения городов промышленные объекты, находившиеся ранее на окраине города, оказались окружены жилой и общественной застройкой. Лишившись своей производственной функции, они тем не менее продолжают активно формировать архитектурное пространство города. Реорганизация подобных заброшенных территорий способствует улучшению эстетического облика районов, улучшению их экономических, экологических и социальных характеристик, позволяет

создавать органичную архитектурную среду города.

При этом нужно учитывать, что снос зданий, утративших свою эстетическую и функциональную значимость, не всегда целесообразен, а иногда даже невозможен. Поэтому единственным реальным решением данной проблемы является реновация старых производственных зданий с полным изменением их функциональной деятельности и полное преобразование промышленных территорий. Здания и коммуникации, построенные еще в индустриальную эпоху, давно утратили свою технологическую новизну и стали неэффективными. Также при их проектировании не рассматривались аспекты экологичности и энергоэффективности, что привело сегодня к полному моральному устареванию жилищного фонда тех времен.

Проекты по реновации различных промышленных неэксплуатируемых зданий и сооружений дают возможность максимально использовать потенциал заброшенных и опустевших пространств. Также в отличие от реконструкции реновация использует более щадящую форму преобразования и позволяет сохранять в отдельных случаях до 90 % существующего объекта, а, следовательно ,сокращать расходы на снос и строительства задния.

Среди причин, влияющих на принятие того или иного решения по развитию промышленных территорий, можно выделить: градостроительные факторы, экономико-правовые факторы, социальные факторы, экологические факторы, историко-культурные факторы, защитные факторы, эстетические факторы, технологические факторы. Обоснование факторов представлено на рис. 1.

Реновация как никакой другой способ реконструкции бывших промышленных территорий с адаптацией к новому функциональному использованию требует индивидуального творческого подхода в каждом конкретном случае, но тем не менее представляется возможным выявить наиболее эффективные приемы реновации этих территорий с учетом всех целей, условий и возможностей.

Рис. 1. Причины реновации промышленных территорий

В настоящее время центральные города имеют тенденцию постиндустриального развития, и этот процесс напрямую связан с

необходимостью реорганизации пассивных и устаревших промышленных зон, которые в первую очередь занимают инвестиционно привлекательные и перспективные городские территории. Проекты реновации промзон набирают все большую актуальность. Это сложный и многогранный процесс, он сложен как в социально-экономическом, так и в административном аспекте.

На данный момент наиболее распространены следующие варианты развития и преобразования неэксплуатируемых промышленных территорий в зависимости от многих факторов.

1) Преобразование в общественно-деловую и торговую зону. Основная суть метода – полная или частичная реорганизация неэффективных территорий и включающих в нее объектов. Удобное расположение около магистралей общегородского значения, расположение вблизи остановок общественного транспорта, возможность привлечения большого количества людей создают привлекательность для инвесторов и девелоперов.

Примером хорошего варианта организации общественного пространства промышленной территории, а именно бывших газгольдеров газового завода, может служить опыт, полученный в результате реализации подобных объектов при реновации комплекса зданий «Арма», г. Москва (рис. 2).

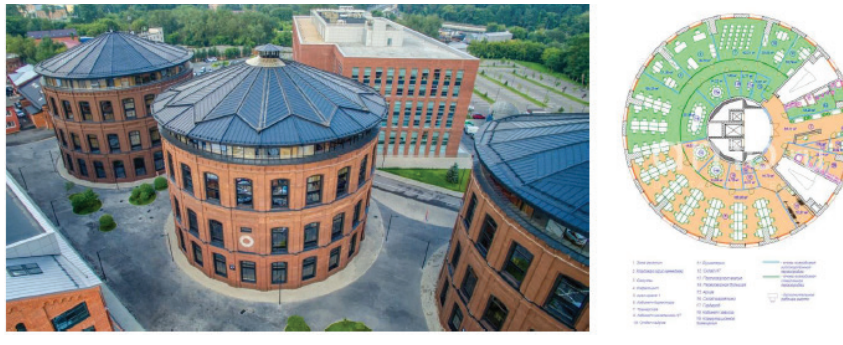


Рис. 2. Бизнес-центр «Арма», г. Москва, 2014 г. Общий вид и планировка этажа

В прошлом заброшенная территория заводского комплекса превратилась в современное общественное пространство, учитывающее все потребности современного человека: от организации досуга до трудовой деятельности. Также в процессе реконструкции бережно отнеслись к внешнему облику зданий, сохранив изначальные архитектурные особенности, но при этом благодаря внедрению современных элементов архитектуры здания смогли обрести новую жизнь.

Еще одним примером реновации в нашей стране является реконструкция «Даниловской мануфактуры» (рис. 3).

Рис. 3. Реконструкция фабрики «Даниловская мануфактура», г. Москва, 2016 г. Общий вид и планировка офисного этажа

Основной задачей архитекторов при подготовке и последующей реализации проекта реновации было сохранение историчности зданий, но при этом насыщение территории новыми функциями, создав огромный современный лофт-квартал с бизнес-центрами и жилыми корпусами. Были добавлены различные металлические конструкции и созданы стеклянные переходы с целью вписать старинные здания в современную застройку. Даниловская мануфактура стала прекрасным примером того, как удачно может вписаться в городскую среду архитектура позапрошлого века, став при этом стильным и функциональным пространством для горожан. При этом полностью сохранена и восстановлена оригинальная архитектурная стилистика времен промышленной революции конца XIX века.

2) Преобразование в жилую застройку. Новым направлением в проектировании становится изменение неэксплуатируемых промышленных объектов и их превращение в жилые зоны. Но важно понимать, что промышленные предприятия разделяются на классы по степени опасности, поэтому реновация под жилье возможна только в том случае, если территория бывшей промышленной зоны отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к жилым зонам, а бывшее производство не относилось к высокой степени опасности. Этот вид реновации наиболее популярен, т. к. обычно такие территории имеют очень выгодное расположение и весьма перспективны для покупки недвижимости. Можно привести множество удачных примеров такой реновации, например, проект планировки территории промзоны «Нагатинский затон». Эта территория до недавних пор была занята производственными мощностями нескольких заводов. Реновация промзоны «Нагатинский затон» обеспечила столицу новыми жилыми и рабочими местами, помогла расширить производство на самих предприятиях за счет обновления мощностей при перебазировании на новые места (рис. 4).

Рис. 4. Территория промзоны «Нагатинский затон», г. Москва. 2022 г.

Также примерами может являться территория завода «ЗИЛ», которая превращена усилиями лучших архитекторов в уникальный жилой комплекс «ЗИЛАРТ».

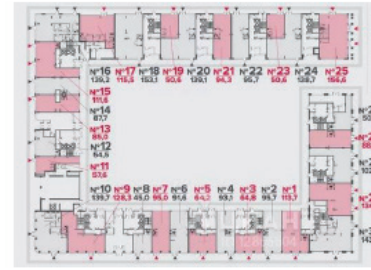


Рис. 5. Пример новых пространств на территории бывшего завода «ЗИЛ», г. Москва, 2019 г.

При реновации территории завода «ЗИЛ» (рис. 5), были снесены старые цеха и здания на территории бывшей промзоны с целью создания современного жилого комплекса, при создании которого руководствовались самыми современными тенденциями в сфере урбанистики. Жилой комплекс «ЗИЛАРТ» – это «город в городе» с богатой культурной инфраструктурой – музейным центром «Эрмитаж-Москва», концертным залом, галереями, которые расположатся на пешеходном бульваре братьев Весниных.

Еще одной территорией на территории Москвы, подвергнувшейся реновации стала территория Тушинского аэродрома, реализация проекта которого началась в этом году (рис. 6).

Рис. 6. Общий вид проекта по реновации Тушинского аэродрома, г. Москва, 2022 г.

В рамках реализации данного проекта на заброшенной ранее территории предполагается возвести жилой массив со всей сопутствующей инфраструктурой: это и школы, и детские сады, велодорожки и парки. Помимо этого, будет развиваться и транспортная доступность: будет возведен транспортно-пересадочный узел рядом со станцией метро.

3) Преобразование в зону зеленых насаждений. Природный каркас города играет определяющую роль в создании здоровой и полноценной среды обитания. В крупнейших городах рекреационная нагрузка постоянно увеличивается, а в результате разрастания городов природные территории дробятся и подвергаются все большему антропогенному воздействию, что неизбежно приводит к их деградации. Поэтому рекреационное использование бывших производственных

зон служит хорошим потенциалом, направленным на оздоровление городской среды. Проблема территорий ныне заброшенных заводов, располагающихся на окраинах наших городов стало приобретать большое значение в наше время вследствии возросшего качества уровня жизни, повышающейся численности мегаполисов и новых тенденций в сфере урбанистики. Одним из таких примеров является концепция переустройства заброшенных территорий заводов Санкт-Петербурга, называемых «Серым поясом» (рис. 7.1, 7.2).

Рис. 7.1. Схема территорий, которые будут подвергнуты реновации в рамках «Серого пояса», г. Санкт-Петербург

Рис 7.2. Предполагаемый облик парковой территории после реновации, г. Санкт-Петербург

Предполагается создать вместо заброшенных территорий парковые пространства и бизнес центры. Все это делается с целью перераспределить

транспортные потоки, сократить пульсирующую миграцию из окраин Санкт-Петербурга в центр и из городов-спутников, иными словами, «укоренить» население рядом со своим местом проживания.

Итак, на основе вышеизложенного видим следующие варианты развития промышленных территорий (рис. 8).

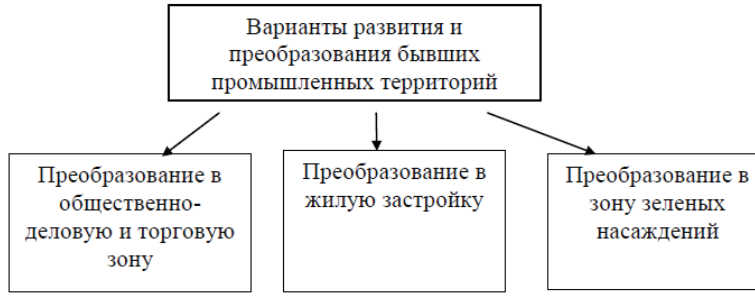


Рис. 8. Варианты развития и преобразования бывших промышленных территорий

Таким образом, преобразование старых промышленных территорий является актуальной темой как для Российской Федерации, так и для зарубежных стран. Перечисленные факторы реновации и варианты развития определяют дальнейшее направление работы над объектом, выбора метода и приемов реновации. При выборе того или иного варианта преобразования неэксплуатируемых промышленных территорий создаются различные сценарии и подходы в каждом отдельном случае.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дрожжин, Р. А. Реновация промышленных территорий / Р. А. Дрожжин. – Текст : непосредственный. // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2015 – № 1 (11). – С. 84–86. – Текст : непосредственный.

2. Реновация городской среды. Исторические прецеденты / ответственный редактор-составитель И. А. Бондаренко. – Москва-Санкт-Петербург: Коло, 2021. – 333 с. – ISBN: 978-5-4462-0140-2. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1665565290&tld=u&lang=ru&name=1485.pdf&text.

3. Тишков, В. А. Этапы архитектурно-строительной реновации / В. А. Тишков, Е. Ю. Агеева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 2 (62). – С. 154–159.

4. Тишков, В. А. Методологические основы архитектурно-строительной реновации: приемы и средства / В. А. Тишков, Е. Ю. Агеева. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – С. 156–162.

5. Основные тенденции современных проектов реновации промышленных зон / В. П. Грахов, С. А. Мохначев, П. Е. Манохин, Д. С. Виноградов. – Текст : электронный // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-2. – С. 400–404.

URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41105 (дата обращения: 02.10.2022).

6. Реконструкция фабрики «Даниловская мануфактура» под деловой центр LOFT. – URL: https://archi.ru/projects/russia/8979/rekonstrukciya-fabriki-danilovskaya-manufaktura-pod-delovoi-centr-loft-korpus-mescherina, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 05.04.2022). – Текст : электронный.

7. StudArctic forum : электронный студенческий журнал / Петрозаводский государственный университет. – № 2 (6). – URL: http://www. https://saf.petrsu.ru/journal/article.php?id=1183/. – Текст : электронный.

AGEEVA Elena Yurevna, doctor of philosophic sciences, professor of the chair of architecture; KUDRYAVTSEV Artyom Evgenevich, student

RENOVATION OPTIONS FOR NON-EXPLOITED INDUSTRIAL TERRITORIES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57; e-mail: ag_eu@bk.ru
Key words: potential of renovation of industrial territories; reasons for renovation of industrial buildings; transformation of industrial enterprises into a public-and-business and commercial zone, residential area, recreational zone; renovation of non-exploited industrial enterprises.

The article discusses the need and options for renovation of non-exploited industrial enterprises: transformation of industrial enterprises into a public-and-business and commercial zone, organization of residential area on the site of industrial enterprises, conversion the territory of non-exploited industrial enterprises into park and recreational zones.

REFERENCES

1. Drozhzhin R. A. Renovatsiya promyshlennykh territoriy [Renovation of industrial areas] // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta. – 2015 – № 1 (11). – P. 84–86.
2. Renovatsiya gorodskoy sredy. Istoricheskie pretsedenty [Renovation of the urban environment. Historical precedents]. Otvetstvenny redaktor-sostavitel I. A. Bondarenko. – Moscow-Saint-Petersburg: Kolo, 2021. – 333 p. – ISBN: 978-5-4462-0140-2. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1665565290&tld=u&lang=ru&name=1485.pdf&text.
3. Tishkov V. A., Ageeva E. Yu. Etapy arkhitekturno-stroitelnoy renovatsii [Stages of architectural and construction renovation]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. № 2 (62). P. 154–159.
4. Tishkov V. A., Ageeva E. Yu. Metodologicheskie osnovy arkhitekturno-stroitelnoy renovatsii: priyomy i sredstva [Methodological foundations of architectural and construction renovation: techniques and means]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. P. 156–162.
5. Grakhov V. P., Mokhnachev S. A., Manokhin P. E., Vinogradov D. S. Osnovnye tendentsii sovremennykh proektov renovatsii promyshlennykh zon [The main trends of modern projects for the renovation of industrial zones] // Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental research]. – 2016. – № 12-2. – P. 400–404; URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41105 (data obrascheniya: 02.10.2022).
6. Rekonstruktsiya fabriki «Danilovskaya manufaktura» pod delovoy tsentr LOFT [Reconstruction of the Danilovskaya Manufactory factory into a LOFT business center], URL: https://archi.ru/projects/russia/8979/rekonstrukciya-fabriki-danilovskaya-manufaktura-pod-delovoi-centr-loft-korpus-mescherina, svobodnyj. – Zagl. s ekrana (data obrascheniya: 05.04.2022).
7. StudArctic forum : elektronny stud. zhurnal / Petrozavod. gos. un-t. № 2(6). URL: http://www. https://saf.petrsu.ru/journal/article.php?id=1183/.

© Е. Ю. Агеева, А. Е. Кудрявцев, 2022
Получено: 07.10.2022 г.

УДК 725.4 (470.341)

А. С. ШУМИЛКИН, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ ПАМЯТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ. ОПЫТ НИЖЕГОРОДСКОЙ РЕСТАВРАЦИОННОЙ ШКОЛЫ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-17-37; эл. почта ist_arh@nngasu.ru
Ключевые слова: приемы научной реставрации, индустриальное наследие, архитектурно-реставрационная школа.

Рассматриваются научные подходы к сохранению объектов промышленной архитектуры, составляющих значительный пласт архитектурного наследия России. На примере значимых объектов – Комплекса банка Рукавишниковых в Нижнем Новгороде (бывшего производственного объединения «Маяк») и сохранившихся фрагментов производственных корпусов в Выксе – приводится спектр приемов реставрации и модернизации этой категории наследия, отражающих современные научные позиции нижегородской архитектурно-реставрационной школы.

Исторические промышленные здания и комплексы составляют значительный пласт архитектурного наследия России. В связи с утратой первоначального назначения широкий масштаб приобрела конверсия промышленных зданий, выраженная в целом спектре приемов преобразования. Индустриальная архитектура, наделенная особой эстетикой, сегодня обладает значительным потенциалом в формировании современного городского пространства.

Примером сохранения объекта культурного наследия с изменением производственного функционального назначения является восстановление Комплекса банка Рукавишниковых начала XX в. в Нижнем Новгороде. Здание исторически являлось одной из двух основных построек торгово-банковского комплекса, выстроенного М. М. и С. М. Рукавишниковыми в квартале между улицей Рождественской и Нижневолжской набережной (1913–1916 гг., арх. Ф. О. Шехтель, скульптор С. Т. Коненков). Крупное трехэтажное здание в стиле позднего историзирующего модерна первоначально проектировалось под функции торгового корпуса. Однако уже с 1915 г. в нем располагались производственные швейные предприятия (с 1964 г. – Производственное объединение «Маяк»). В 2014 г. предприятие перестало существовать, здание было передано в собственность министерства культуры НО.

Простота и геометризм деталей в сочетании с изяществом, композиционной насыщенностью и пропорциональной выверенностью, характерные для шотландского модерна, получили отражение в архитектуре «готического замка» на Нижневолжской набережной. Протяженный главный фасад имеет симметричную композицию с пятью четырехэтажными ризалитами, завершенными щипцовыми кровлями. Центральная ось подчеркнута наиболее крупным и высоким трехосным ризалитом с арочным проездом во двор. Фланги ризалитов акцентированы своеобразными «пинаклями», поднимающимися над карнизом и создающими выразительный и сложный силуэт речного фасада. Нижние этажи имеют большие

поверхности остекления в виде окон-витрин, которые уменьшаются в размерах на последующих этажах, членятся простенками на более узкие, а в верхних – заканчиваются проемами-щелями.

Планировочное решение здания определяется каркасной структурой. Центром объемно-пространственной композиции на втором и третьем этажах является двухсветное атриумное пространство, опоясанное антресольным этажом-балконом по третьему этажу, опирающимся на колонны второго этажа. В отделке фасадов и интерьеров использованы оригинальные материалы и различные виды облицовки: керамическая метлахская плитка *VILLEROY & BOCH* разных цветов на стенах, ступенях, откосах, подоконниках и др., шестигранная плитка пола, чугунное литье и ковка, световые фонари с заполнением стеклянными призмами.

Облик здания претерпел ряд изменений. Арка проезда была на уровне второго этажа перекрыта, и образован 2-й уровень помещений, а со стороны фасада появилось арочное окно. Одна из лестниц внутри здания частично разобрана. В части помещений сделаны перегородки и антресоли.

Эскизным проектом сохранения ОКН предусматривается его комплексная реставрация и приспособление для современного использования. Предполагается замена функции здания на административную, включая формирование зон административного, общественного, учебного назначения, выставочных пространств. Восстанавливается первоначальный облик здания начала XX в. с архитектурной пластикой его фасадов и интерьеров. Проектом предполагается раскрытие подлинных элементов здания: центральной исторической арки с демонтажом поздних конструкций и воссозданием утраченных первоначальных архитектурных элементов, исторических проемов первого этажа. Выполняется инженерная реставрация конструкций здания с сохранением основы его объемно-планировочного каркаса: системы несущих стен, исторических перекрытий со сводами, колонн.

Предусматривается реставрация и частичное воссоздание элементов наружной и внутренней отделки (керамическая плитка, металлические рамы, заполнения оконных и дверных проемов, фурнитура и др.) с использованием исторических аутентичных материалов и технологий, а также сохранение подлинных фрагментов приемами консервации и музеефикации (музеефикация оттисков шестигранной плитки полов с клеймом *VILLEROY & BOCH*; музеефикация путем интеграции в конструкции перегородок подлинных световых фонарей, выполненных из металлической решетки с заполнением стеклянными призмами и др.).

Таким образом, работы по сохранению памятника характеризуются обширным спектром приемов, включающих фрагментарную реставрацию первоначального облика, раскрытие подлинных элементов, реставрацию с использованием аутентичных строительных материалов и технологий, воссоздание, инженерную реставрацию, приспособление для современного использования с заменой функции, консервацию, музеефикацию (реставрационные работы 2022 г., авт. коллектив ООО «Асгард»).

Интересным примером сохранения объектов промышленной архитектуры является фрагмент комплекса производственных построек г. Выксы – крупного исторического центра металлургической индустрии в Нижегородском регионе. Верхний (Верхне-Выксунский) завод являлся старейшим и наиболее значимым из девяти металлургических предприятий, основанных в Приочье братьями Иваном Родионовичем и Андреем Родионовичем Баташевыми для добычи и плавки железных руд. Первоначальное строительство сооружений завода началось со

второй половины XVIII в. В XIX в. выксунские заводы являлись крупнейшими не только в Нижегородской губернии, но и во всей стране.

Объединенный комплекс усадебных и производственных построек представлял собой целостный архитектурный ансамбль, сформировавшийся и достигший наивысшего расцвета к концу XIX в. Верхний завод находился на некотором удалении к югу от усадебных построек на пониженном участке рельефа. Строения завода располагались на заводской площади рядом с плотиной и состояли из нескольких корпусов. Доменный корпус с двумя печами являлся доминантой заводской площади. После ликвидации доменного производства в 1935 г. доменные печи были разобраны, оставшаяся часть корпуса включена в структуру поздних сооружений. На сегодняшний день сохранились лишь небольшие остатки старого доменного корпуса XIX в. и литейного двора (корпуса) XVIII в., который действовал до середины XIX в.

Сохранившиеся остатки доменного корпуса являются сегодня частью торцовой стены цеха сушки песка. Представляют собой достаточно цельный фрагмент кирпичной кладки длиной около 10 м, толщиной не менее 2 м и высотой более 10 м. Большой портал завершен полуциркульной аркой, конусообразно сужающейся в направлении бывшей доменной печи. Обрамление портала выложено лицевой кирпичной кладкой шириной от 1,5 до 3,5 кирпичей. Выше этой арки просматривается другая – более древняя, шириной в 1,5 кирпича, имеющая рваную лицевую поверхность.

Руинированные остатки стены литейного корпуса (габариты в плане около 4×2 м, высота переменная – до 10 м) расположены в непосредственной близости от работающих вагранок действующего чугунолитейного цеха, примыкая к его восточной стене. Наиболее древняя часть представляет собой массив кирпичной кладки высотой около 0,6 м от уровня земли и земляного пола, в наружной части видны крепления внутристенных связей. Кирпич на различных участках большемерный, размеры около 32×16×11 (12) см.

Фрагменты доменного и литейного корпусов сохранили свой исторический облик и представляют собой весьма редкий, а в Нижегородской области единственный образец промышленного сооружения подобного назначения. Являясь старейшим из сохранившихся объектов главного чугунолитейного производства Выксунского металлургического завода (ВМЗ), он может стать ключевым объектом при музеефикации Верхне-Выксунского завода как единого индустриального ансамбля.

Проектом приспособления для современного использования ОКН исторические фрагменты литейного и доменного корпусов интегрируются в современную структуру проектируемого экспозиционного пространства музейного комплекса «Центр промышленного прогресса». Музейный комплекс формируется на территории Верхне-Выксунского завода в пятне исторических корпусов – чугунно-литейного цеха и цеха сушки песка.

Данный пример является вариантом фрагментарного сохранения и музеефикации памятника промышленной архитектуры при изменении общей архитектурно-пространственной организации комплекса. В проекте сохранения используются приемы консервации, музеефикации, реставрации с раскрытием подлинных элементов, инженерной реставрации, приспособления, реставрации с применением аутентичных материалов и технологий, ансамблевой реставрации, воссоздания.

Сохранение элементов усадебно-промышленного комплекса Баташевых,

связанных с развитием одного из старейших металлургических заводов России, показательно как пример преобразования фрагмента индустриального культурного ландшафта и его включения в современную жизнь города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В. Г. Шухов: нижегородские проекты. Территория уникальных объектов : книга-альбом / С. В. Зеленова, Т. П. Виноградова, Д. И. Коротаева, Г. Н. Ометова. – Нижний Новгород, 2016. – 169 с. – ISBN 978-5-905163-48-7. – Текст : непосредственный.

2. Кульчинская, Е. Д. Новые роли памятников архитектуры / Е. Д. Кульчинская. – Текст : непосредственный // Архитектурное наследие на рубеже XX и XXI веков. Проблемы реставрации и охраны наследия : сборник / Российская академия архитектуры и строительных наук, Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства ; под редакцией А. С. Щенкова. – Изд. 2-е. – Москва, 2014. – 144 с.

3. Матвеев, Б. М. Деконструкция архитектурного наследия / Б. М. Матвеев. – Санкт-Петербург : Политехника-сервис, 2012. – 423 с. : ил. – ISBN 978-5-905687-63-1. – Текст : непосредственный.

4. Швидковский, Д. О. Пространство мирового зодчества / Д. О. Швидковский. Научное издание. – Москва : Архитектура-С, 2017. – 560 с. : ил. – ISBN: 978-5-9647-0305-1. – Текст : непосредственный.

5. Шумилкин, А. С. Шуховская башня в г. Выксе Нижегородской области. Реставрация памятника федерального значения / А. С. Шумилкин. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 3. – С. 151– 156.

SHUMILKIN Aleksandr Sergeevich, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design

SCIENTIFIC APPROACHES TO THE PRESERVATION OF MONUMENTS OF INDUSTRIAL ARCHITECTURE. THE EXPERIENCE OF THE NIZHNY NOVGOROD RESTORATION SCHOOL

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel: +7 (831) 430-17-37; e-mail: ist_arh@nngasu.ru
Key words: techniques of scientific restoration, industrial heritage, architectural and restoration school.

The article discusses scientific approaches to the preservation of industrial architecture objects that make up a significant layer of the architectural heritage of Russia. By the example of significant objects – the Rukavishnikov Bank Complex in Nizhny Novgorod (the former Mayak production association) and the preserved fragments of production buildings in Vyksa – a range of techniques for restoration and modernization of this category of heritage is given, reflecting the modern scientific positions of the Nizhny Novgorod architectural and restoration school.

REFERENCES

1. Zelenova S. V., Vinogradova T. P., Korotaeva D. I., Ometova G. N. V. G. Shukhov: nizhegorodskie proekty. Territoriya unikalnykh obektov [V. G. Shukhov: Nizhny Novgorod projects. The territory of unique features]: kniga-albom. Nizhny Novgorod, 2016, 169 p. – ISBN 978-5-905163-48-7.

2. Kulchinskaya E. D. Novye roli pamyatnikov arkhitektury [New roles of architectural monuments] // Arkhitekturnoe nasledie na rubezhe XX i XXI vekov. Problemy restavratsii i

okhrany naslediya [Architectural heritage at the turn of the XX and XXI centuries. Problems of restoration and heritage protection]. Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk. Nauchno-issledovatelskiy institut teorii i istorii arkhitektury i gradostroitelstva. Pod red. A.S. Schenkova. Izd. 2-e. Moscow, 2014, 144 p.

3. Matveev B. M. Dekonstruktsiya arkhitekturnogo naslediya [Deconstruction of architectural heritage]. Saint-Petersburg, Politekhnika-servise, 2012, 423 p., il. – ISBN 978-5-905687-63-1.

4. Shvidkovsky D. O. Prostranstvo mirovogo zodchestva [The space of world architecture]. Moscow, Arkhitektura-S, 2017, 560 p., il. – ISBN: 978-5-9647-0305-1.

5. Shumilkin A. S. Shukhovskaya bashnya v g. Vykse Nizhegorodskoy oblasti. Restavratsiya pamyatnika federalnogo znacheniya [Shukhov tower in Vyksa of Nizhny Novgorod region. Restoration of the monument of federal importance] // Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.- stroit. un-t. Nizhny Novgorod. 2018. № 3. P. 151–156.

© А. С. Шумилкин, 2022
Получено: 10.09.2022 г.

УДК 728.83

A. A. KACHEMTSEVA, associate professor of the chair of landscape architecture; O. P. LAVROVA, candidate of biological sciences, associate professor, holder of the chair of landscape architecture; T. V. SHUMILKINA, candidate of architecture, associate professor of the chair of history of architecture and fundamentals of architectural design

THE NIZHNY NOVGOROD ESTATE OF V. M. BURMISTROVA IN GRAPHIC SOURCES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 433-93-92;
e-mail: kachemtseva@yandex.ru, olg.lavrv2010@yandex.ru, tais27nn@yandex.ru
Key words: graphic source, heritage restoration, theory and history of architecture, the Nizhny Novgorod estate of V. M. Burmistrova.

The article is devoted to identification of the role of graphic sources to recreate the historical image of the cultural heritage object – the Nizhny Novgorod estate of V. M. Burmistrova (now the Museum of A. M. Gorky). The basis of the analysis was the source study work with graphic materials of various time periods.

Interest to the problems of working with graphic sources has significantly increased due to the «visual turn» in many historical sciences that occurred at the turn of the XX–XXI centuries [1]. Historical and architectural research in this regard is no exception, although the collection and analysis of graphic sources has always been considered the first stage of the pre-project work of a restorer. E. V. Mikhaylovsky noted that even a full-scale study of an architectural monument could be made only after studying its history from written and graphic archival sources [2]. At the present stage of the architectural science development, when the role of source studies in achieving an accurate and reliable version of reconstruction of historical and cultural monuments is

increasingly visible, the active introduction of historical graphic sources into scientific circulation is of particular importance.

The practical importance of graphic sources in restoration practice had especially increased during the restoration of architectural ensembles and palace-and-park complexes after the Great Patriotic War. At present, due to the continued loss of cultural monuments, the role of graphic sources is still great. Materials associated with the destructed or partially lost architectural and landscape objects are of particular relevance and enormous historical value. The mansion of Varvara Mikhaylovna Burmistrova, located in the historical part of Nizhny Novgorod, is considered an iconic element of the cultural space of the city, but, unfortunately, gets into this list. Historically, it was part of the city estate, only the main house of which has survived to this day. The study and restoration of the historical appearance of the entire estate complex, which was considered a pearl of Nizhny Novgorod architecture, became especially relevant due to the fire that occurred in the summer of 2020, which significantly damaged the building.

Like all old houses, the estate of V. M. Burmistrova had a mysterious and controversial history. It occupied part of the quarter within the boundaries of the old Zhukovskaya Street (now Minin Street), Spasskaya Street (now Frunze Street), Proviantskaya Street and Upper-Volga (Verkhne-Volzhskaya) Embankment. There is no doubt that a complex analysis of such an ensemble should be carried out on the basis of a comprehensive study of all preserved graphic materials.

The key source-study problem of working with this object is the fragmentary nature of sources and their chronological disunity. In particular, graphic materials covering the time period from 1829 to 2019 were used to conduct research on the development of the urban planning situation. The most valuable graphic source allowing to assess the urban development situation is the plan of the provincial city of Nizhny Novgorod in 1859, taken by topographer Lebedev in 1848-1849 [3]. Originally, the map consisted of 6 drawings. The scale of the source was 50 sazhens (350 feet) in one English inch. The degree of detailization of the plan and the "number of yard plots" given in the legend allow to imagine the configuration of the site of the future estate of V. M. Burmistrova and the nature of the surrounding built-up area.

The original owner of this site was Otto Albertovich von Mertzenfeld. In 1874, the estate, which included "a wooden house on a stone half-floor with five windows on the face, of two floors", a wooden one-story wing "with three windows" and wooden services, changed its owner [4]. And only in 1879, the estate was acquired by the wife of the Nizhny Novgorod first-guild merchant Varvara Mikhaylovna Burmistrova (nee Rukavishnikova), sister of famous Nizhny Novgorod industrialist Sergey Mikhaylovich Rukavishnikov. The prestigious location was chosen not by chance: not far from that place, on the Volga embankment, the famous "palace" of S. M. Rukavishnikov himself was situated.

The location itself, as well as the time of construction of the main house (1870-1890s), determined its expressive appearance with the characteristic features of mature eclecticism. Judging by the surviving photos, part of the outbuildings of the estate by style was also close to the main house.

Significant changes took place in the estate after the Great October Revolution. V. M. Burmistrova voluntarily gave her house and collection of art treasures for organization of the museum, and remained living its back rooms until 1930. After the renovation made in 1927, the building housed the courses of the Gubkom (Province committee), the wings were adapted for a hostel. Since 1934, the mansion has housed the literary museum named after A. M. Gorky. After the Great Patriotic War, in 1946–

1948, a new renovation was carried out, after which the museum again occupied the building assigned to it, where it is located up to the present time.

Today, the former main house of the estate occupies a responsible urban planning position, fixing the intersection of two historical streets and forming their red lines by its facades. The facade on Minin street has eight axes of light. The right part of the building is accentuated by a risalite with a main entrance, above which there is a cast-iron canopy decorated with a flowerpot. The building is distinguished by the plasticity of the facade and a large number of stucco architectural details (stucco medallions; cartouche with monogram with the initials of the owner; pilasters with order composition; inter-floor belt decorated with figured brackets and stucco garlands).

The facade on Proviantskaya Street has two bay windows with mascarons and four female profiles in round frames above the first floor windows. The cornice belt of the risalites is complemented by a frieze with a number of figured brackets, and two low attics are placed above the risalites. The southern and western facades were joined by a wall of fencing, decorated with flowerpots on pedestals, between which metal openwork grilles were installed.

Unfortunately, the authorship of the buildings was not established, and the design or fixing drawings of the house of V. M. Burmistrova, which could act as the most informative materials, were not found. However, a significant number of historical photographs have survived to our time, so this type of source can be considered a priority in the process of graphic reconstruction. It became possible to present the historical appearance of the old manor as fully as possible on the basis of a design developed at the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (supervisor A. S. Shumilkin) [5].

As it is known, any monument-structure in its aesthetic quality is closely related to the architectural and spatial environment and cannot be considered outside the context of the landscape and urban planning situation in which it is located. Currently, the estate garden of V. M. Burmistrova is completely lost, and it is impossible to reconstruct its image or planning solution by full-scale surveys. Only available text and graphic data can serve as the only sources of reconstruction. However, the text information is very stingy, from open sources one can get information that "the garden was buried in flowers» [6]. A “three-desyatins (about 3 hectares) garden” overlooking the Volga and three glass greenhouses were mentioned.

It is not possible to restore entirely the artistic image on the basis of such schematic records, so graphic sources come to the fore. The main ones are the materials of the stock collection of the State Museum of A. M. Gorky – unique images of the city manor garden, made by famous Nizhny Novgorod photographer M. P. Dmitriev for his art album "Landscapes of the Nizhny Novgorod Volga Region" in 1894, which has already become a bibliographic rarity [7]. Dmitriev's grandiose work – a series of photos about the Volga and the Volga region – earned him an honorary membership in the Russian Geographical Society. Images from the series are used in many scientific publications on the history of the Nizhny Novgorod region and Russia of the XIX century.

Analyzing these photos, it can be noted that the planning solution of the garden reflected the trends typical for the landscape manor park of the first half of the XIX century: a combination of open glades with closed spaces and a perimeter casing of tree and shrub species. In the landscape composition of the estate complex, great importance was attached to the glades.

If the architectural solution of the manor house was relatively traditional for the development of the historical part of Nizhny Novgorod, the image of the manor garden

strongly contrasted with the surrounding natural and urban landscape. To a large extent, this was due to the fact that tropical and subtropical species were widely used in the design of the garden, which were not peculiar or typical for the local climate, and were undoubtedly grown in a greenhouse. The appearance of southern Mediterranean gardens was formed because in summer greenhouse plants were displayed outdoors in barrels and planted in vases.

The main manor house of the Burmistrovs opened towards the garden with a wide summer terrace, which served as a link between the building itself and the southern summer appearance of the garden. Right on the upper level of the terrace, bordered by a balustrade, fan palms, yuccas and dracaenas were displayed in barrels. The parapet of the grand marble staircase that descended from the terrace to the garden was made in the form of massive ledges that were used as flowerpots for seasonal planting.

Based on the materials of the analyzed graphic sources, it is possible to identify an approximate list of plants used to create a garden. Directly on the stairs cannas, young dracaenas, as well as sweet tobacco and other annual plants were planted. At the foot of the stairs, lush symmetrical decorative groups were created from large specimens of bananas, ficuses, dracaenas, cannas and beautiful flowering annuals. On the circular open area in front of the terrace, young palm trees and dracaenas were displayed, complementing the image of a southern landscape. A fountain, placed near the steps of the staircase, strengthened and completed the composition adjacent to the manor house. A recreation area was arranged in this corner of the garden, from which paths diverged, leading visitors deep into the estate territory.

The open space of the Burmistrovs' garden was represented by two adjacent glades of a rounded shape framed by a casing of local species of trees and shrubs. Flowerbeds with an eccentric pattern were arranged in the center of the glades. Date palms in barrels framed by a tuberous begonia, probably red in color, served as accents in them. The flowerbed was planted with traditional for regular flowerbeds santolina cypress, irezine linden, alternantera juvel, and violet wittroka, seedlings of which could be grown exclusively in greenhouses.

Preserved graphic sources depicting this part of the territory make it possible to trace not only the period of prosperity of the Burmistrovs' garden, but also the stage of its gradual degradation. Thus, in later photos, the estate fence disappears, and the garden plants are replaced by fast-growing weed species of trees. In 1933−1934, a new construction started nearby destroyed the beautiful gardens of the Burmistrovs.

In recent decades, virtual reconstructions of cultural heritage sites and architectural ensembles that have come down to us in a ruined state or were completely destroyed have become increasingly popular. This is confirmed by many Russian and foreign developments. The development of the latest computer technologies has created new opportunities for the study and popularization of historical and cultural heritage. A striking example is the educational project of the Literary Museum of A. M. Gorky "Nizhny Novgorod Versailles", based on the virtual reconstruction of the garden of merchants Burmistrovs. The developers of the project assume that application for the VR-helmet will allow to reestablish a unique garden-and-park landscape and to return one of the most beautiful man-made places of Nizhny Novgorod at the turn of the XIX–XX centuries to the citizens of the city.

Thus, the review of the graphic sources presented in the article has an undeniable historical, artistic and educational value. The selected sources are diverse in composition and give a clear idea of the changes that have occurred with the Burmistrova mansion, the garden-and-park ensemble and the entire historical appearance of Nizhny Novgorod

over the past century. Historical photos are of particular value as the only graphic evidence of a completely lost and irreplaceable urban landscape, and they open up new amazing pages of Nizhny Novgorod history for us.

REFERENCES

1. Mazur L. N. "Visual turn" in historical science at the turn of the XX-XXI centuries: in search of new research methods / L. N. Mazur. – Text : direct // Dialogue with time. – 2014. – № 46. – P. 95–108.

2. Methods of restoration of architectural monuments / A. S. Altukhov, G. V. Alfyorova, V. I. Baldin [et al.] ; under the general editorship of E. V. Mikhaylovsky; State Committee for Civil Construction and Architecture under the State Construction Committee of the USSR, Central Scientific-Research Institute of Theory and History of Architecture. – Moscow : Stroyizdat, 1977. – 168 p. : il. – Text : direct.

3. NizhnyNovgorod, city (1859). Plan of the provincial city of Nizhny Novgorod of the Nizhny Novgorod province : [maps] / plotted by land surveyor I. Medvedev; topographer Lebedev; restored by S.M. Slenskaya. – [Reprod.]. –Moscow : VGTsMAGP, 1992. – 1 m. (6 p.):col.: add. map; 56×56 cm. – Image : direct.

4. Central Archive of the Nizhny Novgorod Region (TsANO). F. 27. Op. 638. D. 3888. – Text : direct.

5. About the merchant's mansion: the building of the literary Museum of A. M. Gorky / compiled by O. I. Naumova. – Nizhny Novgorod : Kvartz, 2017. – 175 p. : il. – ISBN 978-5-906698-70-4. – Text : direct.

6. Rukavishnikov, I. S. Cursed race: novel / I. S. Rukavishnikov. – Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod fair : Pokrovka, 1999. – 619 p. – ISBN 5-89259-020-8. – Text : direct.

7. Volga collection on the Volga River, 1894-1903: [album] / M. Dmitriev. – Nizhny Novgorod : DEKOM, 2013. – 198 p. : il. – ISBN 978-5-89533-300-6. – Text : direct.

КАЧЕМЦЕВА Анна Александровна, доц. кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства; ЛАВРОВА Ольга Петровна, канд. биол. наук, доц., зав. кафедрой ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства; ШУМИЛКИНА Таисия Васильевна, канд. архитектуры, доц. кафедры истории архитектуры и основ архитектурного проектирования

НИЖЕГОРОДСКАЯ УСАДЬБА В. М. БУРМИСТРОВОЙ В ГРАФИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКАХ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 433-93-92; эл. почта: kachemtseva@yandex.ru, olg.lavrv2010@yandex.ru, tais27nn@yandex.ru
Ключевые слова: графический источник, реставрация наследия, теория и история архитектуры, нижегородская усадьба В. М. Бурмистровой.

Рассмотрена роль графических источников в воссоздании исторического образа объекта культурного наследия – нижегородской усадьбы В. М. Бурмистровой (ныне Государственный литературный музей А. М. Горького). Основой анализа послужила источниковедческая работа с графическими материалами различных временных периодов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазур, Л. Н. «Визуальный поворот» в исторической науке на рубеже XX–XXI вв.: в

поисках новых методов исследования / Л. Н. Мазур. – Текст : непосредственный // Диалог со временем. – 2014. – № 46. – С. 95–108.

2. Методика реставрации памятников архитектуры / А. С. Алтухов, Г. В. Алферова, В. И. Балдин [и др.] ; под общей редакцией Е. В. Михайловского ; Государственный комитет по гражданскому строительствуи архитектуре при Госстрое СССР, Центральный научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры. – Москва : Стройиздат, 1977. – 168 с. : ил. – Текст : непосредственный.

3. Нижний Новгород, город (1859). План губернского города Нижнего Новгорода Нижегородской губернии : [карты] / снят записным землемером И. Медведевым; классным топографом Лебедевым; восстановление карт С. М. Шленской. – [Репрод.]. – Москва : ВГЦ МАГП, 1992. – 1 к. (6 л.): цв.: доп. карта; 56×56 см. – Изображение : непосредственное.

4. Центральный архив Нижегородской области (ЦАНО). Фонд 27. Опись 638. Дело 3888. – Текст : непосредственный.

5. Вокруг купеческого особняка: здание литературного музея А. М. Горького / составитель О. И. Наумова. – Нижний Новгород : Кварц, 2017. – 175 с. : ил. – ISBN 978-5-906698-70-4. – Текст : непосредственный.

6. Рукавишников, И. С. Проклятый род : роман / И. С. Рукавишников. – Нижний Новгород : Нижегородская ярмарка : Покровка, 1999. – 619 с. – ISBN 5-89259-020-8. – Текст : непосредственный.

7. Волжская коллекция по Волге-реке, 1894–1903 : [альбом] / Максим Дмитриев. – Нижний Новгород : ДЕКОМ, 2013. – 198 с. : ил. – ISBN 978-5-89533-300-6. – Текст : непосредственный.

© А. А. Качемцева, О. П. Лаврова, Т. В. Шумилкина, 2022
Получено: 07.10.2022 г.

УДК 727.5.05

А. В. ПОЧТОВАЯ, аспирант кафедры архитектурного проектирования

ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПРОСТРАНСТВА В СТРУКТУРЕ ИННОВАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ

ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Институт архитектуры и дизайна Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 82, ст. 6. Тел.: +7(902) 965-22-22; эл. почта: a9029652222@gmail.com
Ключевые слова: технопарк, инновационный центр, научный парк, типология, общественное пространство.

Определено понятие общественного пространства в структуре инновационного центра. На основе проектного и натурного исследований выделены и систематизированы его элементы, которые способствуют формированию научных сообществ, повышению эффективности инновационного процесса.

Инновационный центр представляет собой многофункциональный объект, предназначенный для разработки новых знаний, технологий, их внедрения в профессиональное и бизнес-сообщество. Сегодня в связи с возросшей востребованностью междисциплинарных контактов, потребностью в совместной деятельности, повышением значимости эксперимента при росте технической сложности опытной базы, эти объекты являются сосредоточием исследовательской мысли во взаимодействии с благоприятными условиями ее воплощения. Перед

архитекторами и дизайнерами стоит задача по организации особых пространств, целью которых является «создание сообществ», «способствование сотрудничеству» и «генерирование случайных встреч» [1, с. 27; 2, с. 210].

Структура современного инновационного центра включает основные и вспомогательные функции, которые обеспечивают не только технологичность и удобство эксплуатации, но и привлекательность, средовую насыщенность, широкие возможности участия горожан в общественной жизни, рентабельность и коммерческий успех, включенность в городскую территорию, рациональность при использовании материально-технических ресурсов. В составе функциональной структуры (рис. 1 цв. вклейки) инновационного центра выделены следующие зоны [3, с. 76].

Основные зоны:

– буферная (холл, лобби, распределительная зона);

– исследовательская (научная лаборатория, опытная лаборатория, тестовая комната);

– офисная (open space, обособленные офисы);

– техническая (дата-центр, разгрузка, хранение, элементы сервисного обслуживания).

Дополнительные зоны:

– образовательная (учебная аудитория, библиотека, медиатека, лекторий);

– деловая (конференц-зал, театр, инфо-центр);

– производственная (мастерская, центр прототипизирования, экспериментальное производство);

– вспомогательная (управленческий офис, консультативный офис);

– социальная (спортивный зал, тренажерный зал, ритейл).

Часть выделенных зон объединяется в *общественную*, которая понимается как пространство свободного пребывания различных групп пользователей сооружения в соответствии с их потребностями и возможностями инновационного центра. К ее основные свойствам можно отнести вариативность составляющих элементов, наличие проектного сценария, связность, автономность [4, с. 204], возможность выбора и наблюдения, свободных действий, самопрезентации, доступность, информационную насыщенность.

Необходимо отметить разнохарактерность субъектов научного процесса, относительно которых обосновывается значимость и необходимость формирования общественной зоны в контексте организационных и пространственных условий инновационного центра (рис. 2 цв. вклейки). Данный аспект проявляется в следующих взаимосвязях:

Исследователь – Заказчик. Связь выявляет потребность исследователей в условиях для самореализации, комфортной и комплексной рабочей среде. Обратная связь подразумевает получение инновационной продукции, технологий и воспроизведение научных кадров.

Исследователь – Общество. Взаимоотношения позволяют исследователю проанализировать потребности конечных пользователей создаваемых продуктов. Общественные пространства способствуют осуществлению функции просвещения, привлечению внимания к науке и ее достижениям через непосредственную или опосредованную демонстрацию результатов научной деятельности.

Общество – Заказчик. Связь способствует реализации потребностей общества, вовлечение которого в деятельность инновационного центра позволяет заказчику сформировать потребительскую группу и кадровый потенциал.

Анализ проектной документации, пояснительных записок 139 объектов США, Канады, Южной Америки (Бразилия, Аргентина, Чили), Австралии, Европы, Южной Кореи, Китая и Японии показал, что общественные пространства инновационных центров используются различными субъектами научного процесса, имеют многосоставную структуру. Был проведен графический анализ с целью выявления элементов общественной зоны, который позволил дифференцировать их на внешние и внутренние (рис. 3 цв. вклейки).

Внутренние общественные пространства являются неформальными центрами и объектом пристального внимания проектирования. Их можно разделить на несколько групп, сформированных по принципу функционального назначения: *гостевые элементы, элементы внутренних коммуникаций, элементы внутренней инфраструктуры*.

Гостевые элементы становятся местом встреч, взаимодействия людей, работающих в инновационном центре, с представителями городских сообществ, партнерами. Главные их характеристики – доступность с точки зрения социальных коммуникаций и структуры трафика, контролируемость для обеспечения приватности исследовательской, производственной и частично офисных зон. К гостевым отнесены:

– предприятия общественного питания (открытые или замкнутые кафе, столовая, бар, кафетерий, кофейня);

– гостиные (открытые холлы, зоны отдыха и свободного общения);

– коворкинги (открытые и замкнутые офисы для коллективной работы, печати);

– выставочные пространства (открытые, замкнутые, транзитные, универсальные, специализированные);

– универсальные трансформируемые залы (для конференций, кинопоказов, массовых мероприятий).

Элементы внутренних коммуникаций являются общественными пространствами, которые освобождены от утилитарной функции как единственной. Характеризуются активностью у лифтовых и лестничных узлов, использованием тупиковых площадок, визуальной проницаемостью помещений, расположенных вдоль основных путей движения. Они способствуют генерированию случайных встреч, формированию неструктурированных собраний. К этой группе отнесены:

– горизонтальные коммуникации (коридор, пассаж);

– вертикальные коммуникации (лестница, лестница-амфитеатр, лестнично-лифтовой блок).

Элементы внутренней инфраструктуры становятся основой функционирования социальной жизни инновационного центра. Их характеристикой является ограниченная доступность. Они направлены на формирование профессиональных связей, развитие междисциплинарного неформального общения участников инновационного процесса. В эту группу включены:

– места для собраний (открытые, замкнутые, трансформируемые);

– офисные кухни и обеденные зоны (открытые, замкнутые, транзитные);

– рекреация (открытые террасы и крытые галереи на фасаде сооружения, эксплуатируемая кровля, открытые или замкнутые зоны отдыха).

Внешние общественные пространства в большинстве случаев (за исключением внутреннего двора) имеют прямой доступ с улицы и обеспечивают включенность инновационного центра в средовой контекст, привлечение городских сообществ, становятся местом для отдыха и общения резидентов, проведения

К СТАТЬЕ А. В. ПОЧТОВОЙ «ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПРОСТРАНСТВА В СТРУКТУРЕ ИННОВАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ»

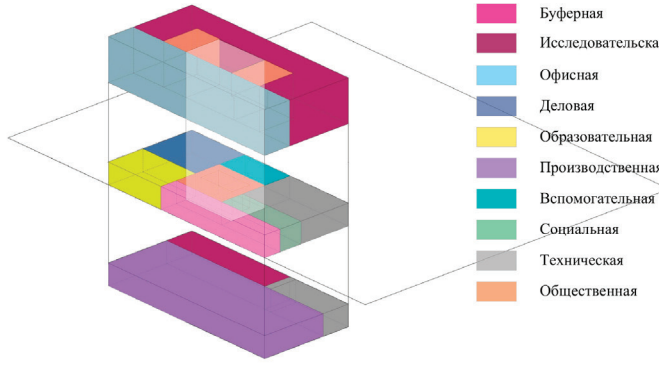


Рис. 1. Функциональные зоны инновационного центра

Рис. 2. Место общественных пространств в структуре инновационного центра

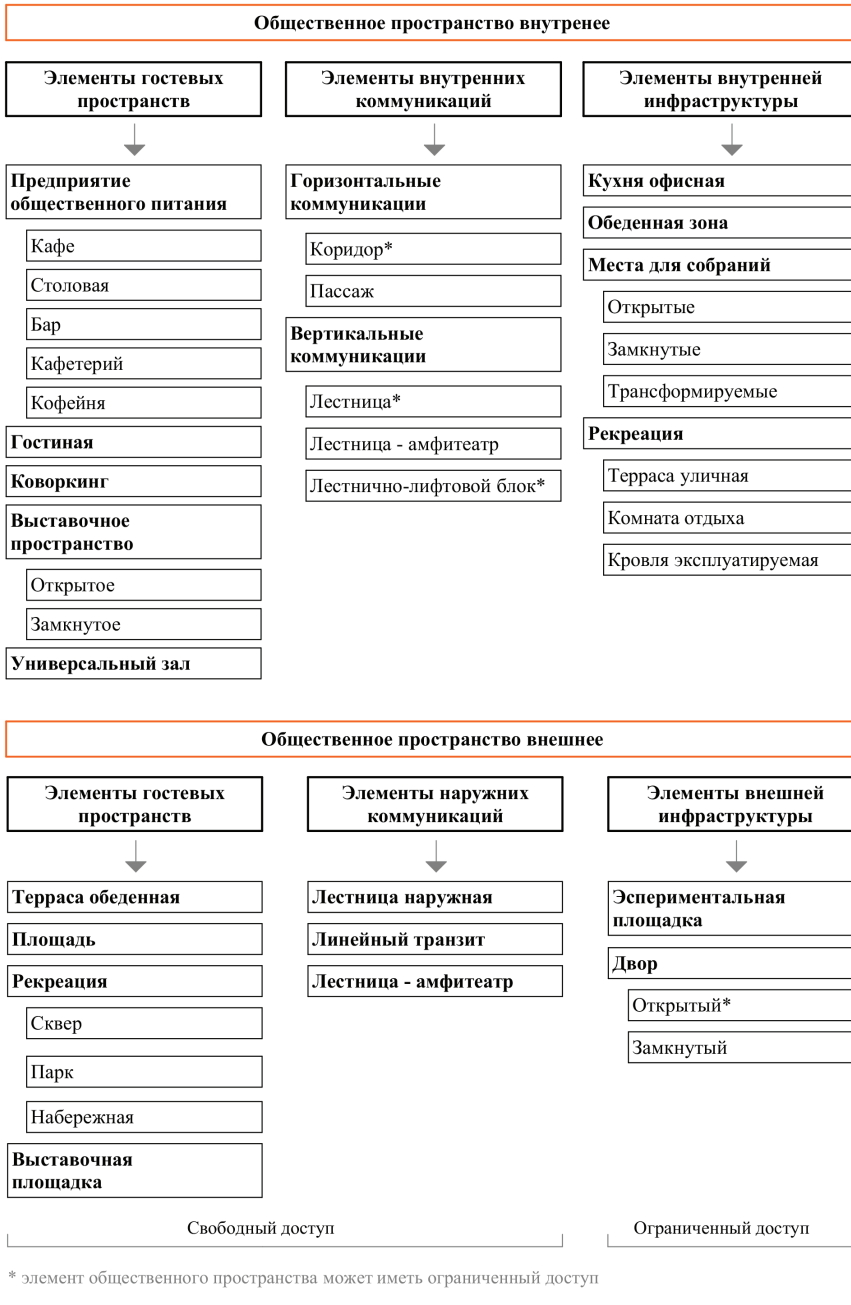


Рис. 3. Элементы общественных пространств

публичных мероприятия и экспериментов. Ввиду того, что значительная часть изученных объектов расположена в городских районах, включена в структуру пешеходного и транспортного каркаса, становится необходимостью организация доступности общественных пространств, коммуникационной связности, средового разнообразия.

Внешние гостевые элементы имеют свободный характер доступа и могут включать обеденную террасу, площадь, выставочную площадку, рекреационную зону в виде сквера, парка, прилегающей набережной.

К *элементам наружных коммуникаций* относятся: наружная лестница, лестница-амфитеатр, пешеходный транзит.

Элементы внешней инфраструктуры используются в процессе проведения исследований и обучения, имеют ограниченный доступ. Можно выделить экспериментальную площадку, открытый и замкнутый двор.

В результате установлено, что *общественные пространства* являются одним из определяющих факторов успешности инновационных центров. Они способствуют процессам генерирования и реализации новых идей через укрепление взаимодействий пользователей, общения и сотрудничества в комфортных и безопасных условиях.

Определено, что общественные пространства имеют многосоставную структуру и формируются из отдельных элементов, классифицируются на внутренние и внешние, объединяются в типологические группы: регулируемые (наличие сценария перемещений, ограниченность доступа) и нерегулируемые (открытый доступ и свободное перемещение для пользователей). Одной из важнейших целей архитектурного формирования инновационных центров является объединение внутренних и внешних общественных пространств. В качестве его главной характеристики следует выделить *пространственную проницаемость*, которая проявляется через физическую и визуальную связность элементов в различных формах.

Изучение общественных пространств инновационных центров показало схожесть проектных подходов, культуры организации междисциплинарных научных сообществ. Необходимо отметить, что несмотря на выделение отдельных составляющих элементов, в рассматриваемых объектах применяются их различные сочетания, единовременно обладающие признаками жизнестойкости – способностью адаптироваться к изменяющимся внешним факторам (пандемия, террористическая угроза, пожарная и аварийная ситуация, экстремальные климатические условия) и функционирующие как единая система. Таким образом, подход к изучению инновационного центра заключается в рассмотрении объекта как многофункциональной структуры, организованной в рамках связности внутренних и внешних общественных пространств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wagner, J. Innovation Spaces: The New Design of Work / J. Wagner, D. Watch. – URL: https://www.brookings.edu/wpcontent/uploads/2017/04/cs_20170404_innovation_spaces_pdf.pdf (дата обращения : 06.11.2021). – Текст : электронный.

2. Appleton, N. Research building planning and design / N. Appleton. – Design Media Publishing (UK) Limited, 2013. – 264 p. – Текст : непосредственный.

3. Почтовая, А. В. Типологические аспекты архитектурного формирования зданий и комплексов инновационного назначения / А. В. Почтовая // Фундаментальные исследования. –

2016. – № 11-1. – С. 74–79. – Текст : непосредственный.

4. Шишалова, Ю. Третья Российская молодежная архитектурная биеннале: каталог / Ю. Шишалова, Н. Бурая, И. Зельцмен, Л. Лежнева. – Москва : Объединенные проекты, 2022. – 207 с. – Текст : непосредственный.

POCHTOVAYA Anastasiya Vladimirovna, postgraduate student of the chair of architectural design

PUBLIC SPACES OF INNOVATION CENTERS STRUCTURE

Siberian Federal University, Institute of Architectural and Design
82-6, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041, Russia. Tel.: +7 (902) 965–22–22, e-mail: a9029652222@gmail.com
Key words: technology park, innovation center, science park, typology, public space.

The article is devoted to the consideration and establishing of the term of the innovation center public space. Based on the design and full-scale research, its elements that contribute to the formation of scientific communities and increase the efficiency of the innovation process are identified and systematized.

REFERENCES

1. Wagner J., Watch D. Innovation Spaces: The New Design of Work. – URL : https://www.brookings.edu/wpcontent/uploads/2017/04/cs_20170404_innovation_spaces_pdf.pdf.

2. Appleton N. Research building planning and design. Design Media Publishing (UK) Limited, 2013, 264 p.

3. Pochtovaya A. V. Tipologicheskie aspekty arkhitekturnogo proektirovaniya formirovaniya zdaniy i kompleksov innovatsionnogo naznacheniya [Typological aspects of architectural formation of buildings and complexes of innovative purpose]. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental research]. 2016, № 11-1. P. 74–79.

4. Shishalova Yu., Buraya N., Zeltsmen I., Lezhneva L. Tretya Rossiyskaya molodyozhnaya arkhitekturnaya biennale [The Third Russian architecture biennale for young architects] : katalog. Moscow : Obedinyonnye proekty, 2022, 207 p.

© А. В. Почтовая, 2022
Получено: 17.09.2022 г.

УДК 721.021.23

Е. П. БЕЗВЕРХАЯ, аспирант кафедры архитектурного и средового проектирования

АРХИТЕКТУРА ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РЕШЕНИИ КОМПОНОВОЧНЫХ ЗАДАЧ

ФГАО ВО «Академия архитектуры и искусств Южного федерального университета» 39, пр. Буденновский, г. Ростов-на-Дону, 344080, Россия, Тел.: (863) 240-21-78; эл. почта: aai@sfedu.ru

Ключевые слова: архитектурный объект, транспортно-пересадочный комплекс, функциональный блок, коммуникативная схема, вариативное моделирование.

Современный транспортно-пересадочный комплекс (ТПК) является сложным многокомпонентным объектом, включающим базовую транспортно-пересадочную, а также вторичные и третичные функции; поэтому при его проектировании необходимо учитывать множество факторов. Описана схема возможного решения компоновочных и функционально-пространственных задач в архитектуре ТПК с помощью применения информационных технологий. Данная схема включает в себя систематизацию факторов, которые влияют на результирующую модель; применение необходимых информационных ресурсов и базы данных; оценку результатов. Созданная на этой основе информационная модель ТПК служит инструментом для решения компоновочных задач: проектирования коммуникативного каркаса ТПК и взаиморасположения (компоновки) его функциональных блоков с применением информационных технологий. Подобный подход позволяет выбрать целесообразную функционально-компоновочную и коммуникативную модели транспортно-пересадочного комплекса, учитывая все ограничивающие факторы и рекомендации нормативно-правовой базы.

Современные транспортно-пересадочные комплексы являются сложными многокомпонентными структурами [1]. Пройдя путь от объектов транспортной инфраструктуры – вокзалов – до значимых градообразующих объектов с множеством дополнительных функций, данные комплексы трактуются в последнее время не столько как «транспортно-пересадочные узлы» (ТПУ), регулирующие и перераспределяющие транспортные и пассажиропотоки, но и как «транспортно-пересадочные комплексы» (ТПК), представляющие собой крупные архитектурно-градостроительные ансамбли с транспортными, пешеходными, общественно-деловыми, торговыми, культурными функциями [2, 3]. Архитектурная морфология современного ТПК может быть представлена как совокупность трех структур [6]: 1) «функционально-пространственной», включающей блоки с первичными (базовыми), вторичными, третичными функциями; 2) «коммуникационной», включающей транспортные, пешеходные, логистические связи и потоки; 3) конструктивно-тектонической», обеспечивающей жесткость, неизменяемость и одновременно трансформируемость и дополняемость архитектурно-конструктивного каркаса ТПК (рис. 1).

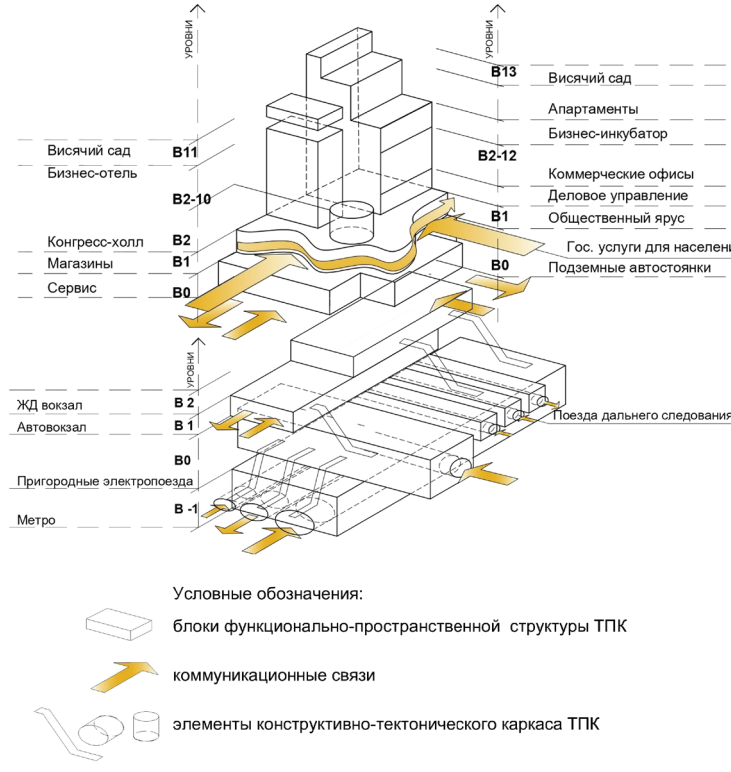


Рис. 1. Морфологическая структура современного транспортно-пересадочного комплекса

Несмотря на то, что в настоящее время транспортно-пересадочные комплексы имеют большое распространение в зарубежной практике, в российском опыте подобные объекты являются малоисследованными и достаточно новыми, хотя запрос на их создание в крупных городах (Москве, С-Петербурге, Н. Новгороде, Екатеринбурге, Ростове-на-Дону и др.) достаточно высокий [3]. Трудность возведения подобных комплексов связана, с одной стороны, с их многокомпонентностью и полифункциональностью, а, с другой стороны, с влиянием множества факторов, воздействующих на конечный результат. Поэтому существует потребность в создании универсальной (трансформируемой) «информационной модели» транспортно-пересадочного комплекса (ИМ ТПК), отражающей воздействие этих двух составляющих на процесс проектирования ТПК.

Целью данного исследования является описание предпосылок создания информационной модели транспортно-пересадочного комплекса, которая станет основой для дальнейшей формализации ТПК и переходу к его автоматизированному проектированию на базе информационных технологий. Методология исследования базируется на системном подходе к изучению ТПК, основанном на их комплексном рассмотрении во взаимодействии трех «структур», находящихся под влиянием ряда внутренних и внешних факторов, что обеспечивает в будущем их устойчивое развитие.

Как видно из рис. 1, первоочередной задачей ТПК является прежде всего выполнение «базовых функций» транспортно-пересадочного узла (ТПУ). Таким

образом, одним из наиболее значимых элементов в архитектуре транспортно-пересадочного комплекса является его «коммуникативный каркас». Для узловых транспортных объектов важны оптимальные пешеходные связи, а также комфорт, удобство и безопасность пассажиров. Для выполнения данных условий необходимо обеспечение наиболее компактных коммуникативных коридоров между различными функциональными блоками.

Функциональная многокомпонентность транспортно-пересадочного комплекса с функциями общественно-делового, культурного, торгово-административного центра обусловливает сложность проектирования подобных объектов [1]. ТПК в своем составе объединяет множество функциональных блоков – базовых, вторичных, третичных, между которыми должны быть установлены определенные связи, имеющие различное ранжирование: пространственно-компактные или сложные; короткие (быстрые) – протяженные; прямые или опосредованные (через альтернативный функциональный блок). Компоновка функциональных блоков в архитектуре транспортно-пересадочного комплекса является важным этапом в процессе проектирования, от нее зависят формообразование, коммуникативная структура и дальнейшая эффективность работы данного объекта.

Таким образом, грамотное проектирование двух вышеперечисленных компонентов – «коммуникативного каркаса» и взаиморасположения (компоновки) «функциональных блоков» в структуре транспортно-пересадочного комплекса является одним из главных критериев успешного и эффективного функционирования объекта на следующих этапах его существования. Данный процесс является сложным и обязывает учитывать множество факторов и исходных ограничений. В архитектурной теории уже рассматривалось решение вышеперечисленных задач с применением элементов информационных технологий, таких как: базы данных, геоинформационные системы и другие компоненты [2, 3, 4]. Опираясь на подобный информационно-технологический подход в проектировании, можно существенно интенсифицировать и оптимизировать работу архитектора и проектировщика, предложив наиболее целесообразную функционально-компоновочную и коммуникативную модели транспортно-пересадочного комплекса, учитывая все ограничивающие факторы и рекомендации нормативно-правовой базы. Подобное решение компоновочных задач позволит как ускорить процесс проектирования, так и минимизировать риски того, что какие-либо рекомендации и аспекты при проектировании ТПК не будут учтены.

Для эффективного решения функционально-компоновочных задач в архитектуре транспортно-пересадочных комплексов на базе информационных технологий актуальным становится создание «информационной модели ТПК», направленной на решение подобных задач. Это позволит в дальнейшем сделать процесс проектного моделирования ТПК более оптимизированным с применением информационных технологий. При разработке такой информационной модели ТПК обязательным является сбор, систематизация и оценка взаимосвязей *основных факторов, влияющих на построение модели* транспортно-пересадочного комплекса (рис. 2). Каждый из этих факторов имеет изменяемые показатели, которые соответствуют конкретному проектируемому объекту. Это позволяет получить модель, подходящую для дальнейшей работы по конкретному техническому заданию, в определенных климатических условиях и на запланированном участке проектирования.

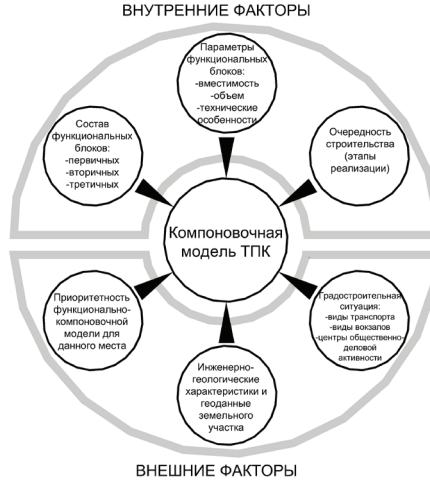


Рис. 2. Основные факторы, влияющие на построение модели транспортно-пересадочного комплекса

Одним из таких факторов является *состав функциональных блоков ТПК*. Несмотря на полифункциональность ТПК, неизменным является только блок с транспортно-пересадочным назначением, однако, даже его состав меняется в зависимости от набора видов транспорта, включенных в работу комплекса. В таком объекте как транспортно-пересадочный комплекс количество и состав функциональных блоков может быть разным в зависимости от задания на проектирование, социально-экономической и градостроительной ситуации для конкретного объекта. Также данный фактор включает в себя не только выборку функциональных блоков из предложенного списка, но и введение параметров по каждому блоку, определяющих основные характеристики данного функционального блока (объем, вместимость, пропускная способность и т. д.). Возможность учета таких параметров позволяет сделать функционально-компоновочную модель более реалистичной, отражающей предполагаемые характеристики объекта уже на этапе моделирования. Таким образом, модель будет подвержена меньшим изменениям в процессе дальнейшего проектирования.

Также важным фактором при формировании обобщенной ИМ ТПК является учет *характеристик земельного участка*, предназначенного для проектирования и строительства транспортно-пересадочного комплекса. Этот блок геоданных необходимо заполнить как можно большими известными характеристиками земельного участка. Такими характеристиками являются: местоположение земельного участка (далее климатические характеристики при автоматизированном проектировании «притягиваются» автоматически); характер рельефа земельного участка; геометрические параметры земельного участка (координатное описание границ территории проектирования); результаты геодезических и гидрогеологических изысканий (при наличии); графическое описание санитарно-защитных зон (возможно применение ГИС-систем), действующих на территории проектирования, и некоторые другие характеристики земельного участка, предназначенного для проектирования. Вышеперечисленные данные позволяют создать наиболее пригодную модель для размещения на конкретном участке, учитывая ограничения, существующие на нем. Такая модель ТПК будет отличаться

от той, которая учитывает лишь функциональный состав комплекса; она становится более реалистичной и применимой, при этом может произойти ее трансформация: вертикальный рост, или «вытягивание» планировочной структуры в одном из направлений, что повлияет на коммуникативные связи, но при этом они будут оставаться оптимальными для определенных характеристик земельного участка.

Динамическим фактором, зависящим от проектировщика, является *выбор функционально-компоновочной модели ТПК*. Это творческий аспект, дающий возможность так называемого перебора функционально-компоновочных вариантов из «предложенного» списка «функционально-типологических моделей» в архитектуре интермодальных транспортно-пересадочных узлов [5], учитывающий модельный ряд ТПК по функционально-типологическому признаку, с включением: центрической, линейной, перекрестной (мостовой), сложно-расчлененной, многоцентровой и открытой моделей. Таким образом, возможен выбор с учетом ранее введенных данных и градостроительных условий наиболее целесообразной модели ТПК с определенной функционально-типологической структурой. В то же время у проектировщика остается возможность выбора альтернативной схемы, которая возможно более подходит для решения архитектурно-художественных и композиционных задач. Присутствие данного фактора в программном обеспечении создает возможность вариативного проектирования и более очевидного выявления преимуществ одной модели перед другой.

Очередность строительства объектов (блоков) транспортно-пересадочного комплекса также является одним из факторов, влияющих на результирующую модель. Прогнозирование и задание очередности хода реализации ТПК во временном аспекте изменяет функционально-компоновочную и коммуникативную схему объекта. Становится актуальным установление приоритетности и последовательности компоновки функциональных блоков с описанием и заданием их параметров на различных этапах реализации. Таким образом, происходит выбор первоочередных, вторичных и третичных функциональных блоков.

Возможна и другая схема включения данного фактора в процесс проектирования с применением информационных технологий. Например, задание количества этапов реализации ТПК, привязывая их не к функциональным блокам объекта, а к наиболее эффективной коммуникативной схеме ТПК. Тогда функциональные блоки, которые имеют наиболее короткие коммуникативные коридоры, а, значит, и наиболее тесную связь с объектообразующей функцией (транспортно-пересадочной), остаются в первой очереди строительства, остальные функциональные блоки распределяются на следующие этапы реализации комплекса в зависимости от иерархии коммуникативных связей между ними. Функционально-компоновочная модель и коммуникативная модель будут значительно отличаться у одного и того же объекта, реализуемого в один этап и реализуемого в несколько этапов.

Таким образом, для создания наиболее жизнеспособной и реализуемой модели транспортно-пересадочного комплекса необходимо учитывать каждый из вышеперечисленных факторов. Также заполнение показателей данных факторов позволяет сохранить результаты (исключить возможность неучета) предпроектного анализа территории, составить более подробное техническое задание и избежать рисков, которые могли бы возникнуть с учетом человеческого фактора.

Для проектного моделирования ТПК с помощью информационных технологий и учета вышеперечисленных факторов необходим доступ к определенным *информационным ресурсам* (рис. 3), которые помогут быстрее и качественнее

выполнить работу и получить актуальные результаты с учетом современных требований.

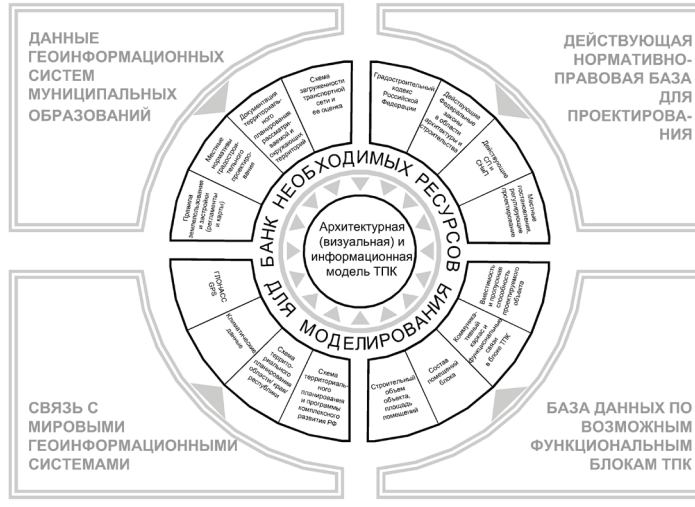


Рис. 3. Основные ресурсы, необходимые для построения модели транспортно-пересадочного комплекса

Одним из таких ресурсов должен стать доступ к *действующим нормативно-правовым документам*, регламентирующим строительство и проектирование ТПК. Из данной базы важны ограничения, обусловленные каждой санитарно-защитной зоной, градостроительные требования к зданиям и сооружениям, рекомендации по проектированию каждого из выбранных функциональных блоков, рекомендации по их взаимному расположению, требования пожарной безопасности и требования к разделению определенных потоков людей и транспорта, а также многие другие аспекты, учитываемые при создании зданий определенного функционального назначения. На основе данных из нормативно-правовой документации должны быть построены основные процессы моделирования ТПК посредством информационных технологий. Сбор всех необходимых к учету данных – это большая работа, необходимая для эффективного функционирования описываемого инструмента. Также необходимо предусмотреть автоматическое обновление базы данных из нормативно-правовой документации по мере ее актуализации.

Обеспечение такой функции как выбор функционального состава комплекса невозможно без *базы данных функциональных блоков ТПК*, включающей все возможные сведения для размещения в подобном комплексе функциональных зон, помещений, блоков в соответствии с классификатором. Помимо перечня основных функциональных блоков, база данных должна включать в себя характеристики остальных групп помещений и блоков в соответствии с задаваемой мощностью ТПК, зависящие от основного параметра, определяющего объем, вместимости и остальные характеристики функциональной зоны. Также информационная модель ТПК должна учитывать совместимость разных функциональных блоков между собой для создания наиболее обоснованной компоновочной и коммуникативной схемы транспортно-пересадочного комплекса. Для создания подобной базы данных по функциональным блокам ТПК необходимо проделать большую работу, которая

способна в дальнейшем облегчить работу проектировщика и минимизировать затраченное время на поиск уже собранной информации.

При решении компоновочных задач в архитектуре ТПК необходима *связь с геоинформационными системами*, в которых отображена зависимость местоположения выбранного земельного участка, его климатической группы и ее характеристик, рельефа места, его геологические и гидрологические характеристики. Такие данные позволяют выполнить наиболее полный предпроектный анализ, задать ограничения при проектировании, нейтрализовать или минимизировать негативные характеристики участка проектирования. Все выявленные характеристики земельного участка влияют на функционально-компоновочную и коммуникативную схему ТПК, получаемые в результате работы, что также позволяет создать более реалистичные проектные модели.

Возможность подгружать *данные из геоинформационных систем определенного муниципального образования*, на территории которого ведется проектирование, облегчит процесс выявления санитарно-защитных зон (СЗЗ) и других ограничений при строительстве на определенной территории. Данные таких геоинформационных систем должны содержать регламентацию застройки, данные о ее характеристиках, данные о СЗЗ и других зонах ограничения застройки, данные о планируемом социально-экономическом и градостроительном развитии региона. Эти ресурсы также могут содержать местные нормативы градостроительного проектирования, которые могут разниться друг с другом и поэтому модели ТПК с одинаковым функциональным составом могут отличаться в зависимости от региона расположения.

Вышеперечисленные ресурсы для работы предложенного информационного продукта являются основными для выполнения заявленных целей. Данный список ресурсов может быть расширен для учета еще большего количества факторов, требований и нормативов, которые позволят создать более комплексную модель ТПК.

Схема «работы» информационных ресурсов для создания компоновочной модели ТПК и предполагаемые результаты представлены на рис. 4. Создание функционально-компоновочных и коммуникативных моделей ТПК с помощью информационных технологий невозможно без участия проектировщика, который проводит достаточно объемный предпроектный анализ. Несмотря на многофакторность и большой объем информации, используемой в описываемой информационной модели, участие грамотного специалиста необходимо при дальнейшем ее использовании с применением информационных технологий.

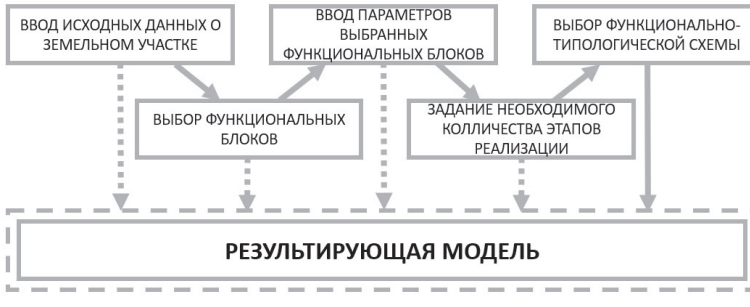


Рис. 4. Схема работы с информационными технологиями в целях решения компоновочных задач при создании модели транспортно-пересадочного комплекса

Процесс работы алгоритма строится следующим образом. На *первых этапах* проектировщик вводит исходные данные о земельном участке для размещения ТПК (местоположение и координатное описание), на основе которых можно получить дальнейшие геоданные земельного участка (рельеф, климатические, геологические, гидрологические и другие характеристики). Также необходимо загрузить данные местных геоинформационных систем (о санитарно-защитных зонах, об утвержденных проектах планировки рядом, о кадастровом делении территории, о регламентации застройки на территории проектирования и другие имеющиеся данные). Таким образом, на первых этапах работы создается информационная база, расширяющая и обобщающая предпроектный анализ территории проектирования.

На *втором этапе* происходит оценка градостроительной ситуации, анализ наличия существующих транспортных артерий и коммуникационных связей на участке, размещение и состояние существующих объектов транспортной инфраструктуры, необходимых для создания ТПК. Формируется общая концептуальная модель ТПК, и на этой основе разрабатывается техническое задание на проектирование.

Третий этап работы предполагает выбор функциональных блоков, необходимых для конкретного объекта – ТПК (в соответствии с техническим заданием на проектирование) и определение их параметров. Таким образом, появляется набор блоков (с определенными геометрическими характеристиками, зависящими от введенных параметров), которые в дальнейшем и преобразуются в вариативные проектные модели (функционально-компоновочные и коммуникативные). Аппарат оценки проектных моделей может быть представлен в виде «*матрицы критериев*» эффективности компоновочных схем ТПК, которая включает градостроительные, экономические, композиционные и другие критерии. На данном этапе уже можно получить оптимальную компоновочную модель ТПК, пригодную для дальнейшего проектирования. Такая модель выступает, скорее, как информационная нежели проектная, т. е. является достаточно контекстной, жизнеспособной и наполненной необходимой информацией, но требующей дальнейшего развития и определения конкретных пространственных и планировочных параметров. Также данная модель будет предполагать создание объекта целиком, одномоментно, не используя возможности поэтапного освоения.

Возможность создания моделей, учитывающих вероятность поэтапной реализации и ввода в эксплуатацию объекта, появляется на следующем шаге работы. Задание необходимого количества этапов реализации трансформирует компоновочную модель ТПК: теперь она отражает несколько взаимосвязанных, но достаточно самостоятельных блоков, что позволяет объекту быть реализованным в несколько временных этапов.

Учитывая творческий характер проектирования, алгоритм предполагает возможность выбора функционально-типологической схемы ТПК на основе создания и оценки нескольких вариантов моделей, удовлетворяющих архитектурно-художественные запросы проектировщика.

Результирующая модель представляется в форме объемной функционально-компоновочной схемы ТПК, где каждый функциональный блок представлен в виде геометрической фигуры с параметрами, необходимыми для его функционирования (в соответствии с заданными характеристиками). Также коммуникативная модель ТПК может быть представлена в виде объемной векторной схемы

движения потоков людей и транспортных средств с указанием длины пути. Используя информационные технологии, к компоновочным схемам ТПК можно «выгрузить» текстовый документ с описанием территории и объекта, перечнем нормативно-правовых актов, критерии которых были учтены, и заданные условия проектирования (состав и параметры функциональных зон, очередность строительства и другие).

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы. Создание подобного информационного продукта позволит решить несколько вопросов, возникающих в процессе проектирования: упростить процессы сбора, обобщения, систематизации исходных данных; оценить возможность создания наиболее компактных коммуникативных связей; выявить наиболее целесообразное взаиморасположение функциональных блоков; на первых этапах проектирования оценить возможные его результаты.

Также немаловажным является возможность малой группой людей оценить все нормативные базы, опыт проектирования подобных объектов и путем создания динамической информационной модели ТПК передать эти знания широкому кругу профессионалов, которым не придется тратить время на поиск и систематизацию информации. Таким образом, создание такого информационного продукта как компоновочная модель ТПК не только поможет в практическом применении, но и даст возможность быстрого освоения информации о таких сложных, многокомпонентных объектах как транспортно-пересадочный комплекс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гельфонд, А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений : учебное пособие / А. Л. Гельфонд. – Москва : Архитектура-С, 2006. – 280 с. : ил. – ISBN 5-9647-0099-3. – Текст : непосредственный.

2. Волынсков, В. В. Информационно-технологические методы проектирования в архитектурном формообразовании : автореферат на соискание степени кандидата архитектуры. – Москва : МАРХИ, 2012. – 27 с. – Текст : непосредственный.

3. Волынсков, В. В. Структурирование архитектурного пространства и компьютерные технологии / В. В. Волынсков. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – Томск, 2008. – № 4. – С. 50–58.

4. Серебренникова, Т. А. Архитектура как инфопространство. Интегральные принципы формообразования в архитектуре / Т. А. Серебренникова // Архитектон: известия вузов. – 2011. – № 34. – URL: http://archvuz.ru/2011_22/11. – Текст : электронный.

5. Безверхая, Е. П. Функционально-типологические модели в архитектуре интермодальных транспортно-пересадочных узлов / Е. П. Безверхая, А. В. Скопинцев // Architecture and Modern Information Technologies. – 2019. – №3(48). – С. 135–147. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=40097316. – Текст : электронный.

6. Skopintsev, A. Transport interchange complex model evolution within the formation concept framework of the aeropolis / A. Skopintsev, E. Bezverkhaya, N. Morgun, N. Evtushenko-Mulukaeva // Lecture notes in civil engineering. – 2022. – Vol. 227. – P. 447–459.

BEZVERKHAYA Evgeniya Pavlovna, postgraduate student of the chair of architectural and environmental design

ARCHITECTURE OF TRANSPORT INTERCHANGE COMPLEXES: INFORMATION TECHNOLOGY TO SOLVE LAYOUT PROBLEMS

Academy of Architecture and Arts of the Southern Federal University
39, Budyonnovsky Ave., Rostov-on-Don, 344080, Russia. Tel.: +7 (863) 240-21-78; e-mail: aai@sfedu.ru
Key words: architectural object, transport interchange complex, functional block, communicative scheme, variable modeling.

A modern transport interchange complex (TIC) is a multicomponent object that includes a basic transport interchange, as well as secondary and tertiary functions, therefore, many factors must be taken into account when designing it. The scheme of possible solution of the layout and functional-spatial problems in the architecture of the TIC with the use of information technology is described. This scheme includes the systematization of factors that affect the resulting model; the use of necessary information resources and databases; evaluation of the results. The information model of the TIC created on this basis serves as a tool for solving complex tasks: designing the communicative framework of the TIC and the mutual arrangement (layout) of its functional blocks using information technologies. Such an approach makes it possible to choose an appropriate functional layout and a communication model of a transport and transfer complex, taking into account all the limiting factors and recommendations of the regulatory framework.

REFERENCES

1. Gelfond A. L. Arkhitekturnoe proektirovanie obschestvennykh zdaniy i sooruzheniy [Architectural design of public buildings and structures]: ucheb. posobie. – Moscow : Arkhitektura-S, 2006. – 280 p. : il. – ISBN 5-9647-0099-3.

2. Volynskov V. V. Informatsionno-tekhnologicheskie metody proektirovaniya v arkhitekturnom formoobrazovanii [Information technology design methods in architectural shaping]. Avtoref. na soisk. stepeni kand. arkhit. – Moscow: MARHI, 2012. – 27 p.

3. Volynskov V. V. Strukturirovanie arkhitekturnogo prostranstva i kompyuternye tekhnologii [Structuring architectural space and computer technologies.]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta [Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering]. – Tomsk, 2008, № 4. P. 50–58.

4. Serebrennikova T. A. Arkhitektura kak infoprostranstvo. Integralnye printsipy formoobrazovaniya v arkhitekture [Architecture as an information space. Integral principles of shaping in architecture.] Arkhitekton: izvestiya vuzov [Architecton: proceedings of higher education]. 2011. № 34. – URL: http://archvuz.ru/2011_22/11.

5. Bezverkhaya E. P., Skopintsev A. V. Funktsionalno-tipologicheskie modeli v ar-khitekture intermodalnykh transportno-peresadochnykh uzlov [Functional and typological models in the architecture of intermodal transport hubs] / Architecture and Modern Information Technologies. – 2019. – № 3(48). – P. 135–147 – Rezhim dostupa: https://elibrary.ru/item.asp?id=40097316.

6. Skopintsev A. V., Bezverkhaya E. P., Morgun N. A., Evtushenko-Mulukaeva N. M. Transport interchange complex model evolution within the formation concept framework of the aeropolis // Lecture notes in civil engineering. – 2022. – Vol. 227. – P. 447–459.

© Е. П. Безверхая, 2022
Получено: 10.09.2022 г.

Информация
авторам и читателям «Приволжского научного журнала»

Главный ученый секретарь ВАК при Минобрнауки России К. М. Мацкевич в письме № 02-1198 от 06.12.2022 «О перечне рецензируемых научных журналов» на имена главных редакторов рецензируемых научных изданий сообщил следующее^

1. По результатам проведенного анализа наукометрических показателей все научные издания, входящие в перечень рецензируемых научных изданий, распределены по категориям К1, К2, К3. «Приволжский научный журнал» включен в категорию К2 рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук.
2. В настоящее время готовятся изменения в нормативные акты в сфере государственной научной аттестации, после внесения которых будет определена дата начала применения категорирования журналов, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий.
3. На основании рекомендации ВАК требование об обязательности наличия публикаций в журналах, индексируемых в зарубежных базах данных, в настоящее время (к соискателям ученых степеней) не применяется.

Гл. редактор «Приволжского научного журнала»
доктор техн. наук, профессор С. В. Соболь

80-летие кафедры гидротехнических и транспортных сооружений Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета

Слева направо: сидят – ст. лаборант Аксенова Е.А., уч. мастер Ежова Н.А.; стоят в первом ряду – доцент, к.т.н. Хохлов Д.Н.; профессор, к.т.н. Янченко А.В.; профессор, к.т.н. Февралев А.В.; доцент, к.т.н. Костин В.И.; зав. лабораториями Жданов В.А.; доцент, к.т.н. Измайлов Р.Х.; ст. преподаватель Красильников В.М.; во втором ряду – ст. преподаватель Сидоров Н.П.; зав. кафедрой, профессор, д.т.н. Соболь С.В.; ст. преподаватель Заболухин М.В.; доцент, к.т.н. Ежков А.Н.; профессор, д.т.н. Соболь И.С. 2017 год.

Правительственным решением 1 сентября военного 1942 г. в Горьковском инженерно-строительном институте им. В.П. Чкалова (ГИСИ) была открыта перспективная для государства специальность «Гидротехническое строительство», организован факультет гидротехнического строительства (включенный в 1998 г. в состав инженерно-строительного института уже Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета – ННГАСУ), образована кафедра гидротехнических сооружений (ГС).

На начальном этапе кафедрой ГС заведовали эвакуированные из Москвы доктора техн. наук, профессора А.В. Чаплыгин (1942-1944) и А.И. Анисимов (1944-1945), затем канд. техн. наук, доцент Е.Г. Голиков (1945-1952), впоследствии доктора техн. наук, профессора П.А. Богословский (1952-1989), который фактически сделал ее полновесной, Б.М. Ерахтин (1990-1995), С.В. Соболь (1995-2021), при котором кафедре придали профиль «Автомобильные дороги» (2016) и она стала именоваться кафедрой гидротехнических и транспортных сооружений (ГТС), с сентября 2021 г. кафедрой заведует доктор техн. наук, профессор И.С. Соболь.

Кафедра ГС в определенной степени послужила «кузницей кадров» для вуза. В 2000-е гг. из нее вышли 4 проректора: по научной работе – С.В. Соболь (2006-2013) и И.С. Соболь (2013-2022), по учебной работе – канд. техн. наук, профессор А.В. Янченко (2010-2014), по административно-хозяйственной работе – канд. техн. наук, доцент А.Н. Ежков (2013-2016), заведующие двумя кафедрами: оснований, фундаментов и инженерной геологии – доктор техн. наук, профессор Е.Н. Горохов (с 2009 г.) и гидравлики – канд. техн. наук, доцент А.К. Битюрин (с 2007 г.), также ряд молодых сотрудников пополнили коллективы смежных кафедр.

Сегодня на кафедре ГТС трудятся 12 преподавателей: 4 профессора, 3 доцента, 3 старших преподавателя, 2 ассистента, также старший лаборант и учебный мастер. Ведется выпуск специалистов по специальности

«Строительство уникальных зданий и сооружений» со специализацией «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности», бакалавров по профилям «Гидротехническое, геотехническое и энергетическое строительство» и «Автомобильные дороги», магистров по направлениям подготовки «Строительство» с профилями «Гидротехническое строительство» и «Автомобильные дороги», функционирует аспирантура (3 аспиранта) и имеется докторантура по научной специальности «Гидротехническое строительство, гидравлика и гидрология».

Студенты, получившие образовательные услуги кафедры, ежегодно отмечаются дипломами за призовые места на российских олимпиадах, конкурсах, симпозиумах. Выпускники успешно обзаводятся инженерными должностями, главным образом в строительной и энергетической отраслях, многие – за пределами Нижегородской области. Некоторые смогли достигнуть серьезных высот.

Коллектив кафедры ГТС ведет прикладные научные исследования по обоснованию проектов и мониторингу речных гидроузлов с водохранилищами, набережных, накопителей промотходов, участков автодорог, других сооружений в сложных природных условиях Европейской части и Северо-Востока страны, вместе с группой привлеченных инженеров – своих выпускников, ежегодно выполняет наибольший среди кафедр вуза объем хоздоговорных проектно-исследовательских работ для города Нижнего Новгорода по берегоукреплениям рек Волги и Оки, противооползневым мероприятиям, инженерному обустройству овражно-балочных городских территорий, аналогичных работ для близлежащих регионов РФ, за которые кафедра неоднократно отмечалась благодарственными письмами и почетными дипломами нижегородских и других губернаторов.

Публикации – научные статьи, монографии, электронные курсы лекций, исходящие с кафедры, востребуются научным и инженерным сообществами.

Кафедра активно работала в российско-германском научном проекте «Волга-Рейн» (1998-2008), участвовала в проведении научного (экологического) конгресса Международного научно-промышленного форума «Великие реки» (1999-2020), содействует выпуску «Приволжского научного журнала» по строительству, учрежденного университетом в 2006 г.

Традиционную встречу выпускников-гидротехников ГИСИ-ННГАСУ, какие проводились по поводу юбилеев кафедры и специальности ГС в 1972, 1982, 1992, 2002, 2012 гг. (см. Приволжский научный журнал, 2012. – № 2), а на каждую съезжались более 500 человек, из-за пандемии коронавируса в 2022 г. пришлось отменить. При этом члены кафедрального коллектива в течение всего года с удовлетворением получали устные и письменные поздравления бывших выпускников из разных уголков страны.

Уважение к былым заслугам – слабая опора для того, чтобы рассчитывать на нее во времена, когда никаких заслуг никто не помнит и помнить не собирается. А, в процессе перманентных реформаций высшей школы, светлое будущее у кафедры гидротехнических и транспортных сооружений ННГАСУ, как всегда, впереди!

С.В. Соболь, доктор техн. наук, профессор кафедры ГТС ННГАСУ.

Ректорат ННГАСУ присоединяется к поздравлениям и желает коллективу кафедры гидротехнических и транспортных сооружений дальнейшего позитивного развития, успехов в научно-педагогической деятельности, здоровья и счастья.

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ

Соболь, С. В. Водохранилища в окружающей среде : научно-техническое издание. В 2 книгах. Книга 1 / С. В. Соболь ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – 388 с.
ISBN 978-5-528-00485-3 ; 978-5-528-00486-0.

В первой книге издания **приводятся** сведения о водных ресурсах России, составляющих 11 % мировых запасов пресной воды, **проявляется** значение **2650** российских водохранилищ для водообеспечения отечественной экономики, **содержатся** данные о комплексном использовании водохранилищ, **показывается**, что гидроэнергетика является наиболее экологически чистым способом выработки электроэнергии, **анализируется** взаимодействие водохранилищ с окружающей средой, включая компоненты литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы, а также человека и культурные ценности (с продолжением в книге **2**), **подчеркивается**, что практически ни одно из построенных водохранилищ не показало несовместимости с природной средой и не привело к последствиям, угрожающим жизни людей и природных комплексов.

Материал адресован специалистам, аспирантам и студентам, чьи интересы распространяются на проблему водохранилищ, а также кругу читателей, желающих получить целостное представление об этих рукотворных объектах в современной окружающей их среде.

Соболь, С. В. Водохранилища в окружающей среде: научно-техническое издание. В 2 книгах. Книга 2 / С. В. Соболь ; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – 406 с.
ISBN 978-5-528-00485-3 ; 978-5-528-00487-7.

Во второй книге издания в продолжение книги **1 анализируется** взаимодействие водохранилищ с окружающей средой, включая компоненты литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы, а также человека и культурные ценности, **характеризуются** мероприятия по подготовке территорий к затоплению водохранилищами, **освещаются** вопросы эксплуатации, в том числе поддержания экологического здоровья водохранилищ, **поясняется**, что целью любого проекта, связанного с созданием водохранилищ, является достижение обществом существенного успеха в устойчивом развитии на основе экономической эффективности, социальной справедливости и экологической безопасности.

Материал адресован специалистам, аспирантам и студентам, чьи интересы распространяются на проблему водохранилищ, а также кругу читателей, желающих получить целостное представление об этих рукотворных объектах в современной окружающей их среде.

Агеева, Е. Ю. Архитектурно-конструктивные особенности современной бионической архитектуры – Е. Ю. Агеева, С. В. Дубинин ; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – 155 с.
ISBN 978-5-528-00488-4

Развитие архитектурной бионики – одно из самых актуальных на сегодняшний день направлений. Связано это с общей идеей возврата к природе, прослеживающейся сегодня во всех сферах человеческой деятельности. В монографии представлен анализ и определение архитектурных особенностей, определение направления архитектурного формообразования и конструктивных особенностей бионики в современной архитектуре.

Для специалистов в области архитектуры и строительства. Рекомендуется также преподавателям, аспирантам, студентам строительных и архитектурных специальностей.

Монография отмечена Дипломом I степени МООСАО на XXXI Международном смотре-конкурсе лучших ВКР по архитектуре, дизайну и искусству в номинации учебно-методической литературы.

Агеева, Е. Ю. Архитектурные и конструктивные особенности спортивных сооружений к Чемпионату мира по футболу-2018 : монография / Е. Ю. Агеева, П. А. Курилов; Нижегор. гос. архитектур.- строит. ун-т. – Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2022. – 157 с.
ISBN 978-5-528-00481-5

Анализируются двенадцать крупнейших спортивных сооружений к Чемпионату мира по футболу-2018. Выявлены их различные особенности: природно-климатические, традиционные и региональные, объемно-планировочные и конструктивные, а также перспективы применения архитектурных и конструктивных решений спортивных сооружений ЧМ 2018.

Для специалистов в области архитектуры и строительства. Рекомендуется также преподавателям, аспирантам и студентам строительных и архитектурных специальностей.

Монография отмечена Дипломом II степени МООСАО на XXXI Международном смотре-конкурсе лучших ВКР по архитектуре, дизайну и искусству в номинации учебно-методической литературы.

ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНОЙ СТАТЬИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ «ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

1. Список материалов, необходимых для публикации научной статьи

1.1. Автор (авторы) в соответствии с приведенными ниже требованиями должен оформить материалы научной статьи: рукопись статьи и сопроводительные документы к ней. Журнал является двуязычным, и материалы научной статьи могут подаваться в редакцию на русском или на английском языках (здесь имеется ввиду язык основного текста статьи, т. к. часть материалов статьи должна оформляться на обоих языках).

1.2. Рукопись статьи представляется в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4 (оформление – см. п. 2) и в электронном виде (оформление – см. п. 3). ***Печатный и электронный варианты рукописи статьи должны быть идентичны.***

1.3. Сопроводительные документы к рукописи статьи должны включать в себя:

1.3.1. Сопроводительное письмо в двух экземплярах в печатном виде на листе формата А4 **по утвержденной форме**, которая приведена на интернет-сайте журнала: http://www.pnj.nngasu.ru Данное письмо подписывается руководителем организации (юридического лица), откуда исходит рукопись статьи. Если автор статьи не является работником какой-либо организации, не является аспирантом, докторантом, соискателем ученой степени, то сопроводительное письмо подписывается им лично (в этом случае к сопроводительному письму должны прилагаться документы, подтверждающие статус безработного). Для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, сопроводительное письмо представлять не требуется.

1.3.2. Выписку из протокола заседания кафедры (отдела, научно-технического совета или иного правомочного органа) с рекомендацией статьи к публикации в Приволжском научном журнале в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то вместо выписки представляется рекомендация к опубликованию, подписанная научным работником, имеющим ученую степень по соответствующей специальности (определяется по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России).

1.3.3. Экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати в двух экземплярах в печатном виде на листах формата А4. Данный документ оформляется по форме, утвержденной в организации, откуда исходит рукопись статьи. Форма экспертного заключения, утвержденная в ННГАСУ, размещена на интернет-сайте журнала: http://www.pnj.nngasu.ru (для работников ННГАСУ, а также для аспирантов, докторантов, соискателей ученой степени, официально оформленных в ННГАСУ, данный документ оформляется в отделе интеллектуальной собственности и трансфера технологий (корпус II, каб. 213-а, тел.: (831) 430-19-34).

Если в организации, откуда исходит рукопись статьи, нет утвержденной формы экспертного заключения, то в качестве образца может использоваться форма ННГАСУ (при этом автор должен внести соответствующие изменения в наименования должностей и Ф.И.О. ответственных лиц). Если статья представляется не от лица какой-либо организации, а непосредственно физическим лицом, то экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати представлять не требуется.

1.3.4. Документ (копия бланка подписки), подтверждающий оформление подписки на Приволжский научный журнал на 2 (два) номера или более (индекс

80382 в каталоге «Урал-Пресс»). Подписка может быть оформлена физическим или юридическим лицом. Требование по оформлению подписки ***не распространяется*** на следующие категории лиц: 1) на аспирантов (статус аспиранта подтверждается справкой из организации, в которой проходит обучение в аспирантуре); 2) на штатных сотрудников ННГАСУ; 3) на членов редакционной коллегии Приволжского научного журнала. *Примечание:* если соавтором статьи является лицо, не относящееся ни к одной из вышеуказанных категорий, то требование по оформлению подписки на журнал сохраняется.

1.4. Если авторами статьи являются работники различных организаций (юридических лиц), то сопроводительные документы оформляются от одной из организаций (по усмотрению авторов), а от остальных необходимо представить выписки из протоколов заседаний кафедр (отделов, научно-технических советов или иных правомочных органов) с рекомендацией статьи к опубликованию с учетом сформированного авторского коллектива. Данные выписки должны быть подписаны руководителем организации, которая заверяется печатью организации.

2. Правила оформления рукописи научной статьи в печатном виде

2.1. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи ***на русском языке***) должна включать в себя следующие составные элементы:

- индекс УДК (универсальная десятичная классификация);
- фамилии, инициалы авторов ***на русском языке***;
- ученые степени и ученые звания авторов ***на русском языке*** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) ***на русском языке*** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи ***на русском языке***;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) ***на русском языке***;
- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) ***на русском языке***: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;
- ключевые слова ***на русском языке*** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);
- аннотация статьи ***на русском языке*** (общий объем не более 0,3 стр.);
- основной текст статьи ***на русском языке***;
- библиографический список ***на русском языке*** (не менее трех источников);
- фамилии, имена, отчества (полностью) авторов ***на английском языке***;
- ученые степени и ученые звания авторов ***на английском языке*** (звания в негосударственных академиях наук не указывать);
- должности авторов (по основному месту работы, а также по совместительству (если имеется)) ***на английском языке*** (если автор является аспирантом, докторантом или соискателем ученой степени, то необходимо указать название кафедры, на которой он оформлен);
- название статьи ***на английском языке***;
- полное наименование организации (юридического лица), являющегося местом работы автора (основное место работы и совместительство (если имеется)) ***на английском языке***;

- контактная информация для переписки (основное место работы и совместительство (если имеется)) ***на английском языке***: почтовый адрес организации (с указанием индекса); номер телефона, номер факса (с указанием кода города), адрес электронной почты;

- ключевые слова ***на английском языке*** (3 – 5 слов и (или) словосочетаний);

- аннотация статьи ***на английском языке*** (общий объем не более 0,3 стр.);

- библиографический список ***на английском языке*** (не менее трех источников);

- знак охраны авторского права, состоящий из следующих элементов: латинская буква «С» в окружности, фамилии, инициалы авторов на русском языке, год направления статьи в редакцию.

Расположение и оформление вышеперечисленных частей рукописи статьи должно соответствовать образцу оформления научной статьи, который размещен на интернет-сайте журнала: http://www.pnj.nngasu.ru.

2.2. Рукопись статьи (при оформлении основного текста статьи ***на английском языке***) должна включать в себя те же составные элементы, которые указаны в п. 2.1. При этом русскоязычное написание заменяется на англоязычное, а англоязычное – на русскоязычное.

2.3. При оформлении рукописи статьи необходимо соблюдать следующие требования:

2.3.1. Текст рукописи статьи набирается на компьютере в текстовом редакторе «Microsoft Word» и распечатывается на принтере на листах бумаги формата А4 с одной стороны. Плотность бумаги 80 г/м^2. Размеры полей страниц: верхнее 25 мм, нижнее 25 мм, левое 25 мм, правое 25 мм. Страницы должны быть пронумерованы в нижней правой части.

2.3.2. Текст рукописи статьи набирается шрифтом Times New Roman Cyr. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: индекс УДК, Ф.И.О. авторов, ученые степени и ученые звания авторов, должности авторов, название статьи. Шрифт № 14 с межстрочным интервалом 1,5 (полуторный) используется для набора следующих частей рукописи: основной текст статьи, знак охраны авторского права. Шрифт № 12 с межстрочным интервалом 1,0 (одинарный) используется для набора следующих частей рукописи: наименование организации (места работы авторов), контактная информация (адрес организации и др.), аннотация статьи, ключевые слова, библиографический список.

2.3.3. Буквы русского и греческого алфавитов (в том числе индексы), а также все цифры (в том числе индексы) необходимо набирать прямым шрифтом, а буквы латинского алфавита – курсивом. Аббревиатуры, стандартные функции (Re, sin, cos и т. п.) и символы химических элементов набираются прямым шрифтом.

2.3.4. Текст статьи может включать формулы, которые должны набираться ***только с использованием редактора формул «Microsoft Word»***. При этом необходимо использовать редактор формул «MathType 6» или «Microsoft Equation 3.0». При использовании текстового редактора «Microsoft Word, Office-2010» не допускается использование редактора формул, открывающегося по команде «Вставка – Формула» (кнопка «π» на панели быстрого доступа). В данной версии необходимо в меню «Вставка» нажать кнопку «Объект» и в выпадающем меню выбрать тип вставляемого объекта – «Microsoft Equation 3.0». Шрифт формул должен соответствовать требованиям, предъявляемым к основному тексту статьи (см. выше). В статье должен быть необходимый минимум формул, все второстепенные и промежуточные математические преобразования при необходимости могут выноситься в приложение к статье (в качестве поясняющей информации для рецензента).

2.3.5. Текст статьи может включать таблицы, а также графические материалы (рисунки, графики, фотографии и др.). Данные материалы должны иметь сквоз-

ную нумерацию и названия. На все таблицы и графические материалы должны быть сделаны ссылки в тексте статьи. При этом расположение данных объектов должно быть после ссылок на них. Шрифт таблиц должен соответствовать требованиям, предъявляемым к тексту статьи (см. выше). Шрифт надписей внутри рисунков, графиков, фотографий и др. графических материалов Times New Roman Cyr, размер № 12, межстрочный интервал 1,0 (одинарный). В случае использования в статье цветных графических материалов (рисунки, графики, фотографии и др.) их необходимо скомпоновать на четном количестве страниц – либо на двух, либо на четырех отдельных страницах (но не более четырех страниц). К данным рисункам должны быть сделаны подписи, а в тексте статьи на них должны быть ссылки. Использование цветных графических материалов должно быть оправданным (в тех случаях, когда их нельзя заменить черно-белым аналогом).

2.3.6. Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008 (с учетом вступления в силу последующих версий данного документа). Нумерация литературных источников в списке дается в порядке последовательности ссылок. На все литературные источники должны быть ссылки в тексте статьи (в квадратных скобках). В библиографический список включаются только те работы (документы), которые опубликованы в печати на момент представления рукописи статьи в редакцию. Количество литературных источников в списке должно быть не менее 3-х. В качестве цитируемых литературных источников должны использоваться научные статьи, опубликованные за последние 5 лет в российских и зарубежных рецензируемых научных периодических изданиях. Не допускается ссылаться на учебники и учебные пособия, научно-популярную литературу, если они не являются объектом исследования. В англоязычном варианте библиографического списка русскоязычные литературные источники должны быть представлены в транслитерации, на латинице. Кроме того названия статей и названия журналов переводятся на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках). Библиографические описания англоязычных изданий приводятся в оригинальном виде. Для изданий на других языках названия статей и названия журналов должны быть переведены на английский язык (перевод указывается в квадратных скобках).

2.3.7. Объем рукописи статьи (включая черно-белые и цветные графические материалы), оформленной с учетом вышеперечисленных требований, ***не должен превышать***: а) 11 (одиннадцать) страниц при наличии в тексте не менее 3-х графических материалов (рисунков, графиков, фотографий); б) 8 (восемь) страниц во всех остальных случаях.

2.4. Рукопись статьи должна быть тщательно отредактирована и подписана всеми авторами (лично) с обратной стороны последней страницы с указанием даты представления рукописи в редакцию (число.месяц.год).

3. Правила оформления рукописи научной статьи в электронном виде

3.1. В электронном виде необходимо представить файл, подготовленный в редакторе «Microsoft Word» (тип файла «doc» или «docx» или «rtf»). Данный файл должен включать рукопись статьи (подготовленной в соответствии с п. 2) со вставленными в текст графическими материалами (если они имеются). В названии файла должна присутствовать фамилия автора статьи. Файл должен быть записан на компакт-диск (CD-R или CD-RW).

3.2. Каждый отдельный графический материал (рисунок, график, фотография и др.) должен быть записан в виде отдельного файла, при этом названия файлов должны соответствовать нумерации данных материалов (например: «Рис.1»). Все графические материалы должны быть доступны для редактирования, для этого

они должны быть представлены ***в исходном формате*** (например, для рисунков, созданных в графическом редакторе «CorelDraw», необходимо представление файлов в формате «cdr»). Представление графиков, рисунков и т. п. графических материалов в виде отсканированных изображений ***не допускается***. Файлы фотографий должны иметь расширение «jpg». Качество всех графических материалов должно быть высоким (не ниже 300 dpi).

4. Порядок представления в редакцию материалов научной статьи

Подготовленные с учетом всех вышеперечисленных требований материалы научной статьи (рукопись статьи и сопроводительные документы к ней) должны быть запечатаны в конверт формата А4, на котором указывается адрес редакции: *Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Зам. главного редактора Приволжского научного журнала Моничу Д. В.*

Конверт с материалами может быть отправлен по почте, с использованием курьерской доставки или доставлен лично автором (доверенным лицом автора). В случае отправки с использованием курьерской доставки, а также в случае личной доставки, конверт необходимо сдавать в канцелярию ННГАСУ (г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65, ННГАСУ, корпус I, 1-й этаж, каб. 127).

5. Порядок рассмотрения редакцией материалов научной статьи и ее рецензирования

5.1. После получения материалов научной статьи ответственный секретарь журнала проводит оценку их достаточности и правильности оформления. В случае отклонений от установленных требований, автору по электронной почте направляется письмо с уведомлением: «Материалы научной статьи не соответствуют требованиям, установленным редакцией журнала».

5.2. Материалы статей, оформленные в соответствии с установленными требованиями, ответственный секретарь регистрирует и направляет для рассмотрения члену редакционной коллегии журнала, который имеет соответствующую специальность (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России). Член редакционной коллегии организует рецензирование (экспертную оценку) рукописи научной статьи в соответствии с порядком, установленным редакцией журнала. С составом редакционной коллегии, в т. ч. с научными специальностями ее членов, а также с «Порядком рецензирования научных статей» можно ознакомиться на интернет-сайте Приволжского научного журнала: http://www.pnj.nngasu.ru.

5.3. Если на статью получена положительная рецензия, то она включается в план публикации соответствующего тематического раздела журнала. Автору статьи по почте, а также по электронной почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Включено в план публикации». Сроки и очередность опубликования устанавливаются редакцией с учетом количества статей, находящихся в плане публикации соответствующего тематического раздела журнала. Как правило, дата приема статей для издания очередного номера устанавливается не позднее, чем за 4 (четыре) месяца до месяца выхода (например, для № 1 (март) этот срок должен быть не позднее 01 ноября). При этом дата устанавливается по дате получения редакцией положительной рецензии на статью.

5.4. Если на статью получена рецензия с замечаниями, но рецензент указывает на возможность публикации статьи после доработки, то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «На доработку». Порядок оформления, представления и рассмотрения дорабо-

танных рукописей статей такой же, как для вновь поступающих материалов статей. К доработанной рукописи статьи необходимо приложить документ «Ответы на замечания рецензента», оформленный в печатном виде на листах формата А4, в двух экземплярах. Ответы даются на каждое замечание (по пунктам), внизу ставятся личные подписи всех авторов с указанием даты представления доработанной рукописи в редакцию (число.месяц.год). Подписи авторов должны быть заверены канцелярией или отделом кадров организации, откуда исходит рукопись статьи. Сопроводительные документы к рукописи статьи (по п. 1.3.) переоформляются только в том случае, если при доработке изменяется название статьи и (или) изменяется авторский коллектив.

5.5. Если на статью получена отрицательная рецензия (рецензия с замечаниями, без указания на возможность публикации статьи после доработки), то автору статьи по почте направляется копия рецензии (без указания личности рецензента) и уведомление «Не рекомендуется к публикации».

6. Общие требования и условия публикации

6.1. Редакцией не принимаются к рассмотрению: 1) научные статьи, не соответствующие тематическим направлениям журнала, по которым осуществляется рецензирование (экспертная оценка). Данные направления соответствуют научным направлениям членов редакционной коллегии журнала (по номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной Минобрнауки России); 2) научные статьи, публиковавшиеся ранее; 3) материалы, не соответствующие установленным редакцией требованиям; 4) рекламные материалы.

6.2. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей статей. Редакция имеет право частично или полностью предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования, а также размещать данные материалы на интернет-сайте журнала.

6.3. Авторский коллектив, направляющий научную статью в редакцию журнала, несет ответственность за неправомерное использование объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права или «ноу-хау» в полном объеме, в соответствии с действующим законодательством.

6.4. Авторские права на каждый номер журнала (в целом) принадлежат учредителю журнала – федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Перепечатка материалов «Приволжского научного журнала» без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

6.5. Материалы научных статей, направляемые в редакцию журнала, авторам не возвращаются. Вознаграждение (гонорар) за опубликованные научные статьи не выплачивается.

6.6. Оплата за рассмотрение научной статьи редакцией взимается путем оформления автором подписки на журнал (условия – см. п. 1.3.4 выше). Плата с аспирантов за публикацию научных статей не взимается.

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

НА ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

«ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ»

Основан в 2006 году

Периодичность – ежеквартально

Журнал рассчитан на профессорско-преподавательский состав, аспирантов, а также студентов старших курсов вузов, работников научно-исследовательских и проектных институтов, инженерно-технический персонал организаций и предприятий.

Журнал имеет разделы:

- Строительные конструкции, здания и сооружения (2.1.1);
- Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (2.1.3);
- Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (2.1.4);
- Строительные материалы и изделия (2.1.5);
- Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология (2.1.6);
- Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (2.1.10);
- Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (2.1.11);
- Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (2.1.12);
- Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (2.1.13).

В ЖУРНАЛЕ ПУБЛИКУЮТСЯ

статьи о результатах научных исследований по группе научных специальностей 2.1 – «Строительство и архитектура». Статьи рецензируются.

Каталожная цена за 6 месяцев – 1000 руб.
Цена отдельного номера – 500 руб.

Подписной индекс по каталогу «Урал-Пресс»: 80382

Адрес редакции: Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.
Тел./факс: (831) 433-04-36, 430-19-36

ISSN 1995-2511
9 771995 251524