

Системные технологии

научно-практический журнал

1 [54] 2025

System technologies

scientific-practical journal

Адрес редакции:

367025, респ. Дагестан, г. Махачкала,
пр. Акушинского, д. 21.
«Институт системных технологий»
Телефоны: 8 499 340-02-33; 8 8722 51-61-87
integralferma@gmail.com

Address of Editorial Office:

367025, rep. Dagestan, Makhachkala city,
Akushinskogo st, 21.
«Institute of system technologies»
Phone: +7 499 340-02-03; +7 8722 51-61-87
integralferma@gmail.com



web-сайт: системтех.рф
thesystemtechnologies.com

Научно-практический журнал Издается с 2011 г. Выходит 1 экземпляр в квартал Подписной индекс 45040	Scientific practical journal Published 2011 Issue every 3 month Index 45040
Журнал «Системные технологии» является периодическим ежеквартальным научным изданием. В выпусках журнала публикуются научные статьи ученых, аспирантов и соискателей ученых степеней, студентов по актуальным проблемам различных отраслей науки, содержащие результаты собственных исследований авторов. Редакционная коллегия издания сформирована из ведущих российских и зарубежных ученых, представляющих академическое и вузовское сообщество. Журнал входит в систему РИНЦ, CyberLeninka, ВИНИТИ РАН. Научно-практический журнал «Системные технологии» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ №ФС77-46161 от 12 августа 2011г.	

Главный редактор канд. физ.-мат. наук.	А. К. Курбанмагомедов	Editor in Chief Cand. physical -mat. sciences.	A. K. Kurbanmagomedov
Заместитель главного редактора (ответственный за рубрику Строительство) канд. техн. наук, профессор	Г. Э. Окольников	Deputy Editor-in-Chief (responsible for the heading Construction)	G. E. Okolnikova
Заместитель главного редактора (ответственный за рубрику Архитектура) канд. арх., профессор, член-корреспондент РАН	Е. Г. Трибельская	Deputy Editor-in-Chief (responsible for the Architecture heading)	E. G. Tribelskaya

Редакционная коллегия

Председатель ред.коллегии д-р техн. наук, профессор	А. В. Иванайский	Московский политехнический университет
д-р архитектуры, профессор	Е. Р. Возняк	Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
д-р техн. наук, профессор, чл.-к. РААСН	М. М. Батдалов	Дагестанский государственный технический университет
д-р техн. наук, профессор	Е. М. Морозов	Московский инженерно-физический институт
канд. техн. наук, профессор	Г. Э. Окольников	Российский университет дружбы народов
д-р физ.-мат. наук, профессор	М. К. Гусейханов	Институт системных технологий
д-р физ.-мат. наук, профессор	В. П. Красин	Московский политехнический университет
д-р физ.-мат. наук, профессор	О. Б. Бутусов	Московский политехнический университет
д-р физ.-мат. наук, профессор	Г. С. Жукова	Финансовый университет при Правительстве РФ
д-р архитектуры, профессор	Ю. С. Янковская	Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
д-р физ.-мат. наук	М. Д. Коваленко	Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН
канд. техн. наук, доцент	Р. Т. Бржанов	Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова
д-р физ.-мат. наук, профессор	Е. А. Пушкарь	Московский политехнический университет
канд. техн. наук	С. М. Халаби	Российский университет дружбы народов
д-р техн. наук, профессор	Р. Л. Шаталов	Московский политехнический университет
д-р техн. наук, профессор	В. В. Гурьев	ОАО «Московский научно-исследовательский и проектный институт типологии, экспериментального проектирования»
д-р техн. наук, профессор	И. Н. Тихонов	НИИЖБ им. А.А. Гвоздева
канд. техн. наук, профессор	Н. К. Пономарев	Российский университет дружбы народов
д-р техн. наук, профессор	А. В. Корнилова	Российский университет дружбы народов
д-р техн. наук, профессор	В. Н. Сидоров	Российский университет транспорта (МИИТ)
д-р архитектуры, профессор	Г. Н. Черкасов	Московский архитектурный институт
канд. архитектуры, доцент	О. Л. Банцерова	Московский государственный строительный университет
канд. техн. наук, доцент	Е. В. Орлов	Московский государственный строительный университет
канд. физ.-мат. наук	Т. С. Хачлаев	МИРЭА — Российский технологический университет
д-р техн. наук, доцент	Р. С. Федюк	Дальневосточный федеральный университет

The editorial Board

The Chairman of Editorial Board Dr. Sc. (Eng.), Prof.	A.V. Ivanayskiy	Moscow Polytechnic University
Dr. Architecture, Professor	E. R. Voznyak	Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Dr. Sc. (Eng.), Prof., cor.-m. of RAACS	M. M. Batdalov	Dagestan state technical university
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	E. M. Morozov	Moscow engineering physics Institute
Cand. Sc. (Eng.), Prof.	G. E. Okolnikova	RUDN University
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	M. K. Guseyhanov	Institute of system technologies
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	V. P. Krasin	Moscow Polytechnic University
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	O. B.Butusov	Moscow Polytechnic University
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	G. S. Jukova	Financial University under the Government of the Russian Federation
Dr. Architecture, Professor	Y. S. Yankovskaya	Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Dr. Sc. (Phys.-Math.)	M. D. Kovalenko	Institute of Earthquake Prediction Theory and Mathematical Geophysics RAS
Cand. Sc. (Eng.), assistant professor	R. T. Brzhanov	Yessenov University
Dr. Sc. (Phys.-Math.), Prof.	E. A. Pushkar	Moscow Polytechnic University
Cand. Sc. (Eng.)	S. M. Halabi	RUDN University
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	R. I. Shatalov	Moscow Polytechnic University
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	V. V. Guryev	OJSC «Moscow Research and Design Institute of Typology, Experimental Design»
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	I. N. Tikhonov	NIYZHB them. A.A. Gvozdev
Cand. Sc. (Eng.), Prof.	N. K. Ponomarev	RUDN University
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	A.V. Kornilova	RUDN University
Dr. Sc. (Eng.), Prof.	V. N. Sidorov	Russian University of Transport (MIIT)
Dr. Architecture, Professor	G. N. Cherkasov	Moscow Architectural Institute
Cand. Architecture, Associate Professor	O. I. Bantserova	Moscow State University of Civil Engineering
Cand. Tech. Sciences, Associate Professor	E. V. Orlov	Moscow State University of Civil Engineering
Cand. sc. (Phys.-math.)	T. S. Khachlaev	MIREA — Russian Technological University
Dr. Sc. (Eng.), assistant professor	R. S. Fediuk	Far Easten Federal University

СТРОИТЕЛЬСТВО

А. Г. Тамразян, М. В. Кудрявцев
Экспериментальное исследование поведения коррозионно-поврежденных колонн при знакопеременном малоцикловом нагружении.....5

Э. К. Агаханов, М. А. Магомедов, Х. Р. Сулейманов
Об условиях моделирования напряжений в грунтах.....16

К. Я. Аллахвердиев
Методы организационно-технологических особенностей демонтажа зданий и сооружений, поврежденных в следствии техногенных воздействий.....24

Н. А. Берков, А. И. Архангельский, Т. А. Горшунова, М. В. Архангельская
Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния перекрестно армированной цилиндрической оболочки при кручении.....31

А. С. Ильиных, Е. В. Мигалатий, Д. Сюй, Ц. Чжан
Очистка нефтесодержащих сточных вод с применением поверхностно-модифицированных капиллярных ультрафильтрационных мембранах.....41

М. В. Мозголов, В. В. Костюков, Д. Г. Омелянчук
Уточненный анализ напряженно-деформированного состояния деревянной фермы при помощи модели метода конечных элементов.....52

О. Г. Примин, О. И. Шипков
Мембранные технологии в водоподготовке.....60

Э. К. Агаханов, Г. А. Кадыров, А. К. Магомедов
Моделирование водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог.....70

А. Н. Малахова
Компьютерное моделирование бутобетонного фундамента и исследование его напряженного состояния.....81

Н. Н. Обухов, В. Л. Кашинцева
Тепловые мосты, их влияние на энергоэффективность зданий.....90

А. Н. Панин
К определению прогибов конструктивных элементов балочных клеток.....97

И. Н. Гарькин, Н. В. Агафонкина, В. А. Гарькина
Анализ сметной документации в рамках досудебной экспертизы.....104

АРХИТЕКТУРА

А. О. Шелухин
Оценка несущей способности ландшафта.....112

А. Г. Гвоздик
Левашовский хлебозавод и его реконструкция в 2016 – 2022 годах.....120

П. И. Мушакова, Я. А. Коржемпо Интеграция технологии «зелёные крыши» в постиндустриальный туризм в России.....	126
П. А. Шелапутин, В. В. Пименов Архитектурное наследие как ресурс развития города.....	138
Л. Л. Яблонский Промышленность в градостроительной политике СССР первых пятилеток.....	144
С. Х. Алам Эль Дин, И. Н. Гарькин, Г. И. Фазылзянова Архитектура наукоемких производств.....	151
А. В. Бергман Историко-архитектурная среда станицы Еланской в Ростовской области: перспективы сохранения и развития.....	159
В. А. Мелнис Эволюция архитектурных стилей: от конструктивизма к сталинскому ампиру в 30 – 40-х годах. Анализ изменений в архитектурных подходах.....	167
А. В. Васильева Специфика перепрофилирования объектов пенитенциарной системы. Европейский опыт.....	174
В. А. Мелнис Социальная инклюзия в умных городах: создание равных возможностей для всех жителей.....	184



УДК 624.07

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_5-15

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КОРРОЗИОННО-ПОВРЕЖДЕННЫХ КОЛОНН ПРИ ЗНАКОПЕРЕМЕННОМ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

А. Г. Тамразян
М. В. Кудрявцев

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва

Аннотация

Коррозия арматуры значительно влияет на прочностные и доформационные характеристики железобетонных колонн. Факторами, влияющими на деградацию несущей способности сжатых железобетонных элементов вследствие коррозии арматуры, является уменьшение площади сечения рабочей продольной и поперечной арматуры, изменение площади бетона из-за откалывания защитного слоя, уменьшение пластичности арматуры. В статье рассмотрено влияние коррозии арматуры на образцы железобетонных колонн, работающих на знакопеременные малоцикловые воздействия, имитирующие сейсмические. Представлено описание экспериментальных образцов колонн и методология проведения испытаний. На основе экспериментальных данных были получены гистерезисные кривые колонн при знакопеременном силовом воздействии и проанализированы результаты испытаний. На основании испытаний сформулированы основные выводы о влиянии коррозии на несущую способность колонн при знакопеременном деформировании.

Ключевые слова

Коррозия, арматура, малоцикловое нагружение, колонны, знакопеременные нагрузки, гистерезис.

Дата поступления в редакцию

28.02.2025

Дата принятия к печати

09.03.2025

Введение

Коррозия арматуры в железобетонных конструкциях происходит под воздействием внешней агрессивной окружающей среды [1]. Эрозия хлорид-ионами разрушает слабощелочную среду вокруг стальных стержней в бетоне, в результате чего пассивирующая пленка на арматуре отпадает, что приводит к преждевременной коррозии стальных стержней [2]. Объемное расширение продуктов коррозии приводит к образованию трещин вдоль арматуры, что приводит к отслоению защитного слоя бетона.

Однако коррозионные трещины и отслоение защитного слоя еще больше ускоряют коррозию арматуры [3, 4]. Уменьшение площади поперечного сечения арматуры и бетона защитного слоя негативно

влияет на сейсмостойкость железобетонных конструкций и вызывает непредсказуемые повреждения. Коррозия арматуры представляет собой серьезную проблему для долговечности железобетонных конструкций [5, 6]. В зданиях рамного каркаса колонны являются основными несущими конструкциями и сопротивляющимися горизонтальным усилиям [7, 8]. Таким образом поражение колонн коррозией, серьезно повлияет на сейсмические характеристики всей конструкции [9, 10].

Методы

Для оценки влияния коррозии арматурных стержней в железобетонных колоннах на работу конструкции при действии малоциклового знакопеременного воздействия были проведены экспериментальные исследования на базе лабораторий НИУ МГСУ [11].

Постановка эксперимента включала в себя следующие позиции:

- Изготовление железобетонных образцов колонн сечением 100×100 мм, армированных четырьмя арматурными стрежнями диаметром 8 мм А500С. Высота колонн составляла 700 мм, один край колонны был забетонирован в бетонный блок, обеспечивающий защемление колонны в основании.
- Проведение ускоренной коррозии арматурных стержней под действием постоянного тока в 5% солевом растворе.
- Испытание железобетонных колонн малоцикловой горизонтальной нагрузкой.

Изготовление и корродирование колонн выполнялось в лаборатории кафедры ЖБК НИУ МГСУ.

Колонны были разделены на 6 серий с различными параметрами коррозии и вертикального пригруза:

1. **Серия №1.** Контрольная колонна без коррозии арматуры. Вертикальная нагрузка составляла 30% от разрушающей несущей способности, процент коррозии арматуры — 0% (маркировка Ц-0,3-0);
2. **Серия №2.** Контрольная колонна без коррозии арматуры. Вертикальная нагрузка составляла 70% от разрушающей несущей способности, процент коррозии арматуры — 0% (маркировка Ц-0,7-0);
3. **Серия №3.** Колонна с коррозией арматуры. Вертикальная нагрузка составляла 30% от разрушающей несущей способности, процент коррозии арматуры — 15% (маркировка Ц-0,3-15);
4. **Серия №4.** Колонна с коррозией арматуры. Вертикальная нагрузка составляла 70% от разрушающей несущей способности, процент коррозии арматуры — 15% (маркировка Ц-0,7-15);
5. **Серия №5.** Колонна с коррозией арматуры. Вертикальная нагрузка составляла 30% от разрушающей несущей способности, процент коррозии арматуры — 30% (маркировка Ц-0,3-30);
6. **Серия №6.** Колонна с коррозией арматуры. Вертикальная нагрузка составляла 70% от разрушающей несущей способности, процент коррозии арматуры — 30% (маркировка Ц-0,7-30).

Методика проведения испытаний подразумевала 2 основных этапа. Первый этап состоял из приложения вертикальной статической нагрузки, которая поддерживалась на протяжении всего процесса испытания колонны. Вторым этапом выполнялось малоцикловое горизонтальное нагружение до потери несущей способности колонны. Схема закрепления образцов и диаграмма горизонтального нагружения представлены на **рисунках 1 и 2** соответственно.

Начальная амплитуда перемещения составляла 1 мм, шаг возрастания амплитуды на последующих циклах нагружения также составлял 1 мм. Частота нагружения составляла 0,04 Гц (1 цикл выполнялся за 25 секунд). Во время проведения испытаний производился непрерывный съём данных по перемещениям и нагрузке с гидравлического цилиндра с частотой записи 10 Гц.

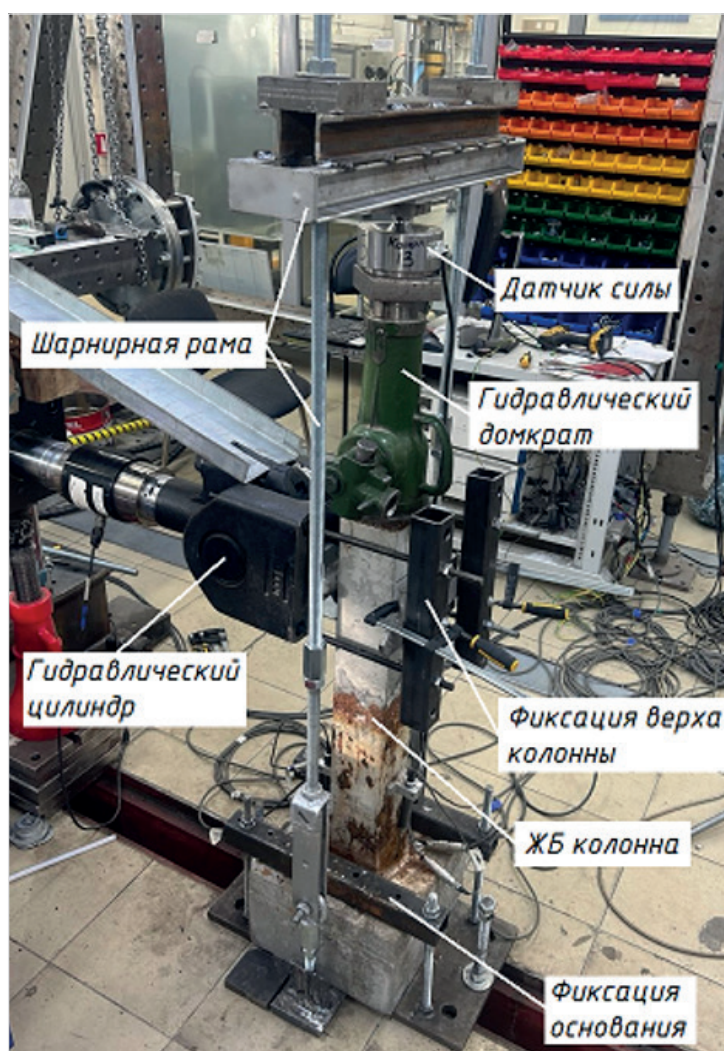


Рис. 1. Схема закрепления колонны в испытательной установке

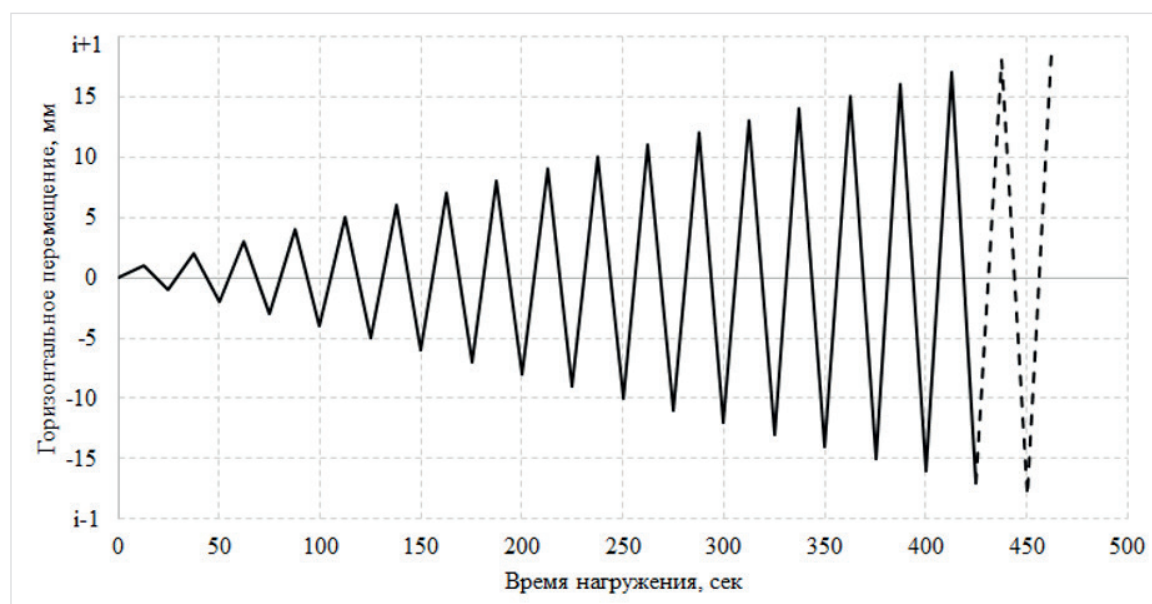


Рис. 2. Диаграмма перемещения гидравлического цилиндра

Результаты исследования

1. Анализ кривой гистерезиса

Кривые гистерезиса испытанных образцов колонн представлены на **рис. 3–13**. На кривых гистерезиса можно выделить несколько основных параметрических точек, отвечающих за напряженно-деформированное состояние и деформативность испытанных колонн (**рис. 14**).

При первых циклах знакопеременного нагружения колонны работают в упругой стадии, кривые петли нагрузки и разгрузки совпадали друг с другом. При достижении предельных деформаций бетона осевому растяжению, в колоннах образовывались нормальные трещины, и огибающая кривая гистерезиса приобретала точку перелома, свидетельствующую о моменте образования трещин.

При дальнейшем нагружении происходило более активное трещинообразование, и огибающая гистерезиса становилась более полой, происходило снижение жесткости колонны.

При достижении в арматуре деформаций текучести колонна достигала предельного состояния, однако нагрузка на последующих циклах продолжала незначительно расти. В этот момент площадь петли гистерезиса значительно вырастала в сравнении с предыдущим циклом. При всех последующих циклах площадь петли превышала площадь предшествующего цикла.

При достижении пиковой нагрузки происходило полное оголение продольных арматурных стержней. Оголенная арматура начинала работать в конструкции как отдельно стоящие сжатые стержни, раскрепленные поперечной арматурой. При достижении предельной гибкости сжатых стержней происходила их потеря устойчивости и обрушение колонны.

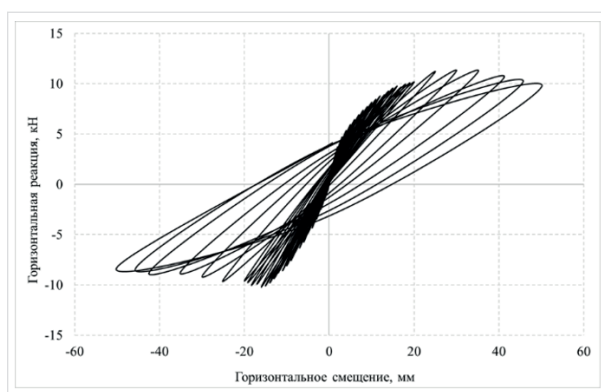


Рис. 3. Гистерезис колонны Ц-0,3-0

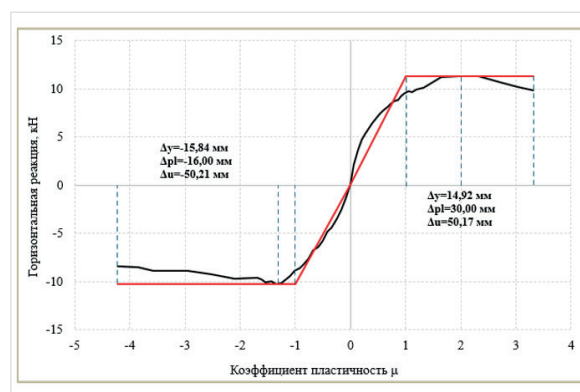


Рис. 4. Кривая гистерезиса колонны Ц-0,3-0

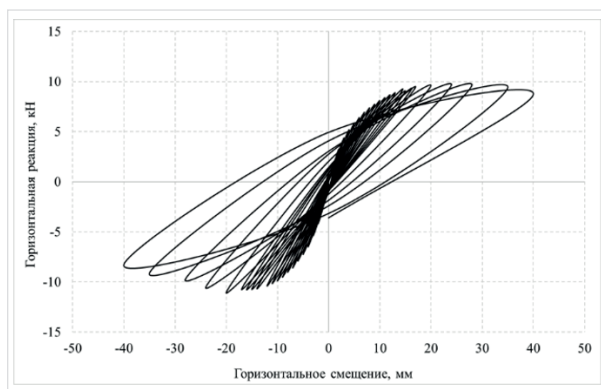


Рис. 5. Гистерезис колонны Ц-0,7-0

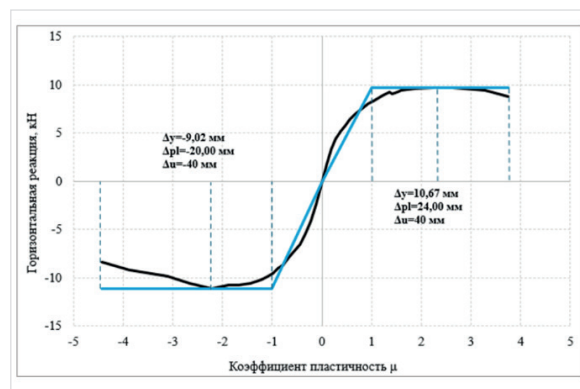


Рис. 6. Кривая гистерезиса колонны Ц-0,7-0

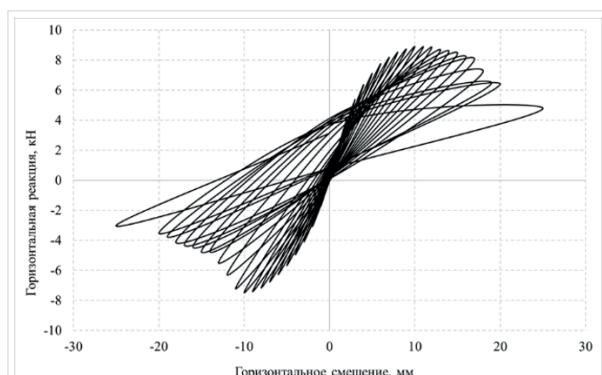


Рис. 7. Гистерезис колонны Ц-0,3-15

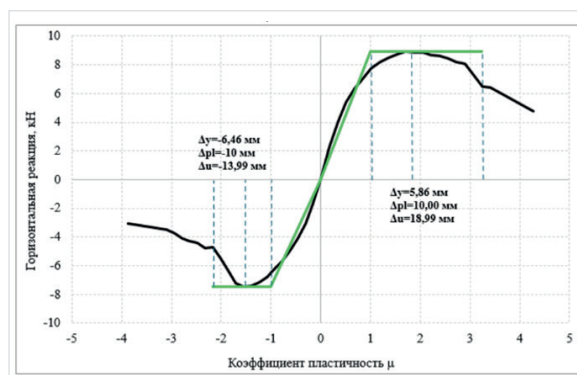


Рис. 8. Кривая гистерезиса колонны Ц-0,3-15

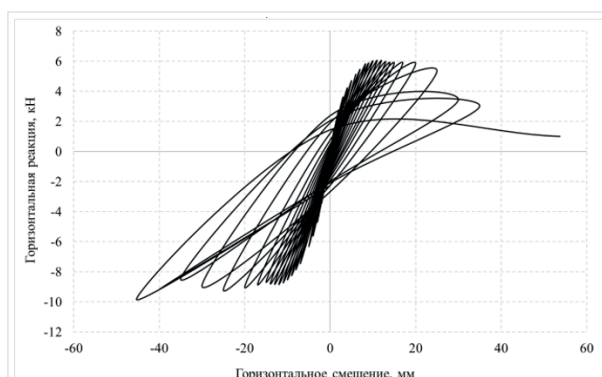


Рис. 9. Гистерезис колонны Ц-0,3-30

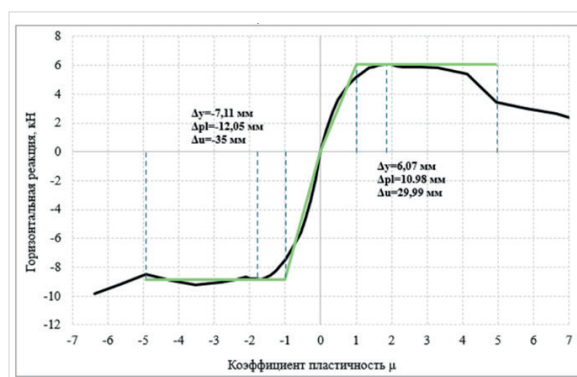


Рис. 10. Кривая гистерезиса колонны Ц-0,3-30

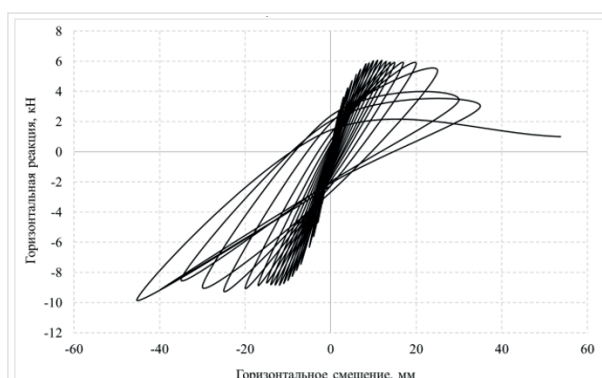


Рис. 11. Гистерезис колонны Ц-0,7-15

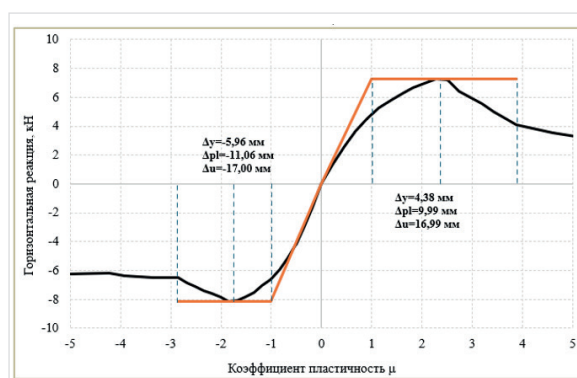


Рис. 12. Кривая гистерезиса колонны Ц-0,7-15

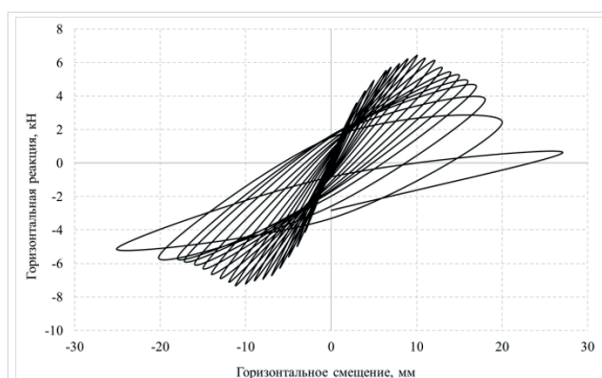


Рис. 13. Гистерезис колонны Ц-0,7-30

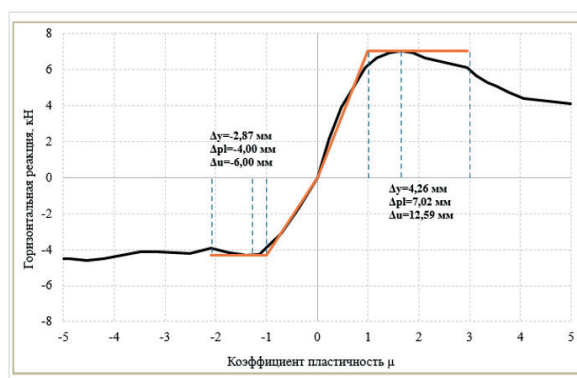


Рис. 14. Кривая гистерезиса колонны Ц-0,7-30

Для определения коэффициента пластичности и предельных деформаций, кривые гистерезиса аппроксимировались билинейным графиком. Аппроксимация выполнялась по принципу равенства площадей, ограниченных экспериментальной и билинейной кривой (рис. 15 – 16).

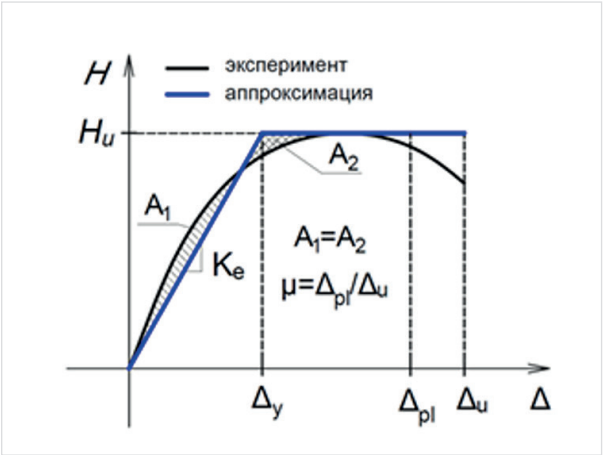


Рис. 15. Аппроксимация огибающей кривой

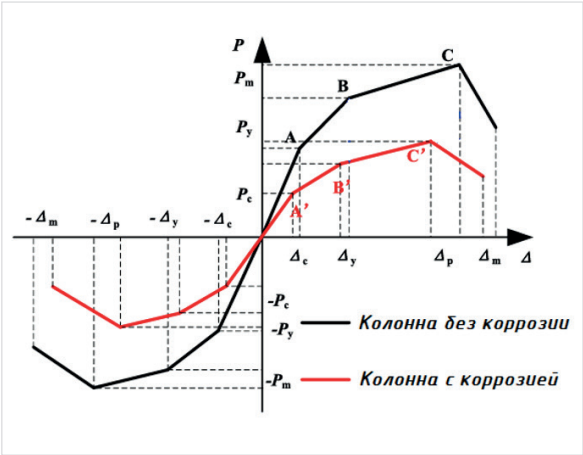


Рис. 16. Четырехполигональная кривая несущей способности

Коэффициент пластичности характеризует текущий уровень пластической деформации Δ_{pl} относительно деформации, при достижении которой начинается условная текучесть Δ_y :

$$\mu = \Delta_{pl} / \Delta_y.$$

При аппроксимации огибающей кривой с помощью билинейной диаграммы деформация Δ_y соответствует переходу на идеально пластический участок. Анализ деформаций и нагрузок в характерных точках представлен в *табл. 1*.

Таблица 1

Анализ кривых гистерезиса

Маркировка колонн	P_c , кН Δ_c , мм	P_y , кН Δ_y , мм	P_m , кН Δ_m , мм	P_u , кН Δ_u , мм
Ц-0,3-0	3,72 2,00	9,56 14,92	11,32 30,00	9,83 50,17
Ц-0,7-0	3,25 1,99	8,37 10,67	9,70 24,00	8,78 40,00
Ц-0,3-15	2,25 1,00	7,75 5,65	8,90 10,00	6,49 18,99
Ц-0,7-15	1,32 0,99	4,83 4,38	7,25 9,99	4,10 17,00
Ц-0,3-30	1,55 0,98	5,13 6,07	6,06 10,98	3,46 30,99
Ц-0,7-30	1,27 0,99	3,92 2,87	4,31 4,00	3,89 6,00

При повреждении коррозией колонн предельная пластичность Δ_u при уровне осевой нагрузки 0,3 уменьшается в 2,26 раза, при уровне осевой нагрузки 0,7 уменьшается в 6,7 раза.

Максимальная несущая способность поврежденных колонн P_m при уровне осевой нагрузки 0,3 уменьшается на 21% при коррозии арматуры в 15% и на 46% при уровне коррозии 30%. При уровне осевой нагрузки 0,7 уменьшается на 25% при коррозии арматуры в 15% и на 56% при уровне коррозии 30%.

Момент трещинообразования у колонн с повреждением при уровне осевого нагружения 0,3 начинается в 2,44 раза быстрее, чем у неповрежденной колонны. Также при уровне осевого нагружения 0,7 начинается в 2,56 раза быстрее, чем у не поврежденной колонны.

Образцы с повреждением арматуры имеют меньшую пластичность и обладают большей хрупкостью при разрушении, вследствие коррозионного охрупчивания арматуры.

2. Анализ диссипации энергии

Повреждения конструкций влияют на её способность рассеивать энергию при деформировании. Конструкции, обладающие большей пластичностью и деформативностью, лучше рассеивают энергию при циклическом деформировании. Вследствие коррозии арматуры происходит изменение физико-механических характеристик, в частности снижается предел текучести и отсутствует площадка текучести арматуры, общее удлинение стержня при разрыве снижается до 50%.

Диссипация энергии на цикле нагружения определяется как площадь петли гистерезиса на данном цикле. При увеличении пластических деформаций конструкций, увеличивается и рассеивание энергии.

В практических расчетах применяется коэффициент вязкого демпфирования ξ , характеризующий степень затухания свободных колебаний системы, которая зависит от энергии, рассеиваемой конструкцией при циклическом деформировании. Коэффициент вязкого демпфирования представляет собой сумму двух параметров: коэффициента упругого демпфирования ξ_{el} и коэффициента гистерезисного демпфирования ξ_{hyst} . Для железобетонных конструкций коэффициент упругого демпфирования $\xi_{el} = 0,05$. В свою очередь коэффициент гистерезисного демпфирования ξ_{hyst} определяется экспериментально для отдельно взятой конструкции.

Коэффициент гистерезисного демпфирования численно пропорционален отношению энергии, рассеянной на одном цикле колебаний (площадь криволинейной фигуры DABC), которая равна площади петли гистерезиса, к работе упругих сил четверти цикла (площадь треугольника DFO или OBE) (рис. 17). Коэффициент гистерезисного демпфирования на i -ом цикле определяется по формуле:

$$\xi_{hys} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{S_{DABC}}{S_{DFO} + S_{OBE}}.$$

Из графиков на рис. 18 – 19 можно заметить значительный рост коэффициента гистерезисного демпфирования при горизонтальном смещении колонны равном началу пластических деформаций Δ_y .

При уровне осевой нагрузки равной 0,3 от разрушающей, коэффициент гистерезисного демпфирования до пластических деформаций Δ_y изменяется от 0,06 при коррозии 0% до 0,15 при коррозии арматуры 30%.

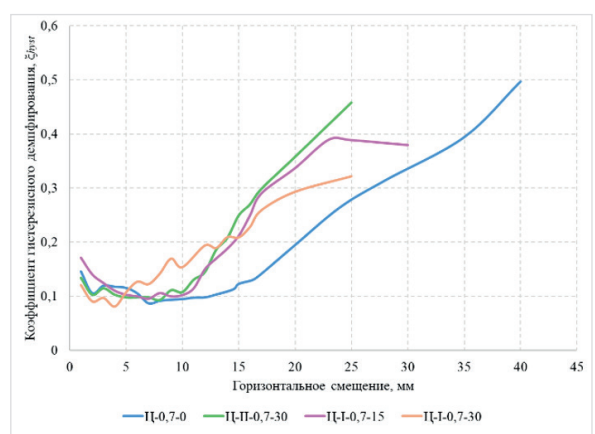


Рис. 19. Колонны серии 0,7

3. Анализ деградации жесткости

$$K_i = \frac{P_i}{\Delta_i - \Delta_{i-1}}.$$

$$K_i = \frac{P_i}{\Delta_i - \Delta_{i-1}}.$$

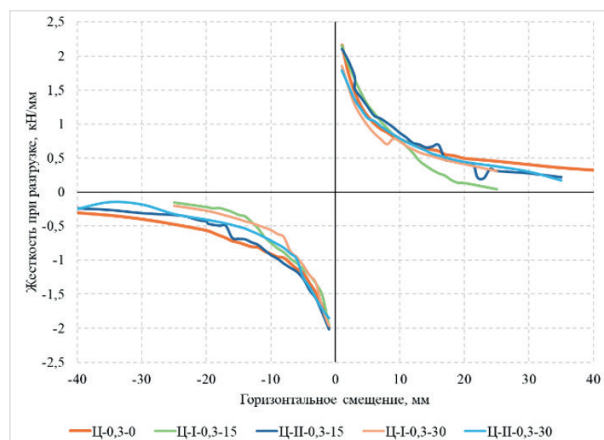


Рис. 20. Касательная жесткость при уровне осевой нагрузки 0,3

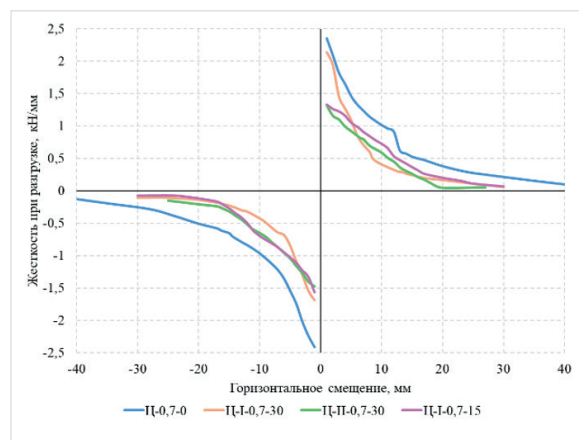


Рис. 21. Касательная жесткость при уровне осевой нагрузки 0,7

Анализируя полученные графики видно, как происходит снижение касательной жесткости образцов при знакопеременной деформировании.

Колонны с уровнем вертикальной нагрузки 0,3 имеют разброс в начальной жесткости в зависимости от коррозии арматуры до 10%. Значительное снижение жесткости происходит у коррозионно-поврежденных колонн после образования нормальных трещин и отслаивания защитного слоя бетона вследствие давления продуктов коррозии.

При уровне вертикальной нагрузки 0,7 начальная жесткость поврежденных колонн относительно неповрежденных снижена на 33%. После достижения максимальной несущей способности касательная жесткость колонн значительно уменьшалась и становилась постоянной.

Заключение

1. Коррозионное повреждение арматуры в железобетонных колоннах приводит к потере «пластичности» при деформировании. Значительно уменьшаются предельные горизонтальные деформации колонн.
2. Предельная несущая способность колонн снижается до 25% при коррозии арматуры 15% и до 56% при коррозии арматуры 30%.
3. Рассеивание энергии поврежденных колонн происходит хуже, чем у неповрежденных колонн.
4. Влияние осевой нагрузки, действующей на колонну, вносит большой вклад в деградацию касательной жесткости колонн, предельной деформативности и способности к рассеиванию энергии. При повышении осевой нагрузки вышеперечисленные параметры снижаются.

Библиографический список

1. Берлинов М. В., Берлинова М. Н. Длительная эксплуатация железобетонной балки на грунтовом основании с учетом коррозионных повреждений. Железобетонные конструкции. 2023; 1(1): 19–27.
2. Jin W. L., Yuan Y. S., Wei J., et al. Durability of Concrete Structures in Chloride Environment: Theory and Design Method. Science Press; 2011 (in Chinese).

3. Zheng Y., Zheng S., Yang L., et al. Experimental study and analytical model of the bond behavior of corroded reinforcing steel bars in concrete. *Constr Build Mater* 2022; 327: 126991.
4. Тамразян А. Г. Усталостное поведение изгибаемых железобетонных балок при коррозии. *Железобетонные конструкции*. 2024. Т. 6. № 2. С. 22 – 34.
5. Тамразян А. Г., Попов Д. С. Напряженно-деформированное состояние коррозионно-поврежденных железобетонных элементов при динамическом нагружении. *Промышленное и гражданское строительство*. 2019. № 2. С. 19 – 26.
6. Кудрявцев, М. В. Влияние коррозионных повреждений на жесткость сжатых элементов сейсмостойких зданий / М. В. Кудрявцев // Актуальные вопросы техники, науки, технологии : Сборник научных трудов национальной конференции, Брянск, 08 – 12 февраля 2022 года / Под общей редакцией Т. Э. Сергутиной. — Брянск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный инженерно-технологический университет», 2022. — С. 359 – 361.
7. Савин С. Ю., Колчунов В. И., Федорова Н. В. Несущая способность железобетонных внецентренно сжатых элементов каркасов зданий при коррозионных повреждениях в условиях особых воздействий. *Железобетонные конструкции*. 2023; 1(1): 46 – 54.
8. Yalciner H., Kumbasaroglu A., Karimi A. Prediction of seismic performance levels of corroded reinforced concrete columns as a function of crack width. *Adv Civ Eng Mater* 2019; 8(3): 376 – 97.
9. Looi D. T. W., Su R. K. L., Cheng B., et al. Effects of axial load on seismic performance of reinforced concrete walls with short shear span. *Eng Struct* 2017; 151: 312 – 26.
10. Luna B., Rivera J., Whittaker A., et al. Seismic behavior of low-aspect-ratio reinforced concrete shear walls. *Acids Struct J* 2015; 112(5): 593 – 603.
11. Кудрявцев, М. В. Методика определения несущей способности коррозионно- поврежденных колонн при сейсмических воздействиях / М. В. Кудрявцев, А. Г. Тамразян // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2024. — Т. 24, № 1. — С. 20 – 27.

EXPERIMENTAL STUDY OF CORROSION-DAMAGED COLUMNS BEHAVIOR UNDER ALTERNATING LOW-CYCLE LOADING

A.G. Tamrazyan
M.V. Kudryavtsev

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow

Abstract

Reinforcement corrosion significantly affects the strength and preformation characteristics of reinforced concrete columns. The factors influencing the degradation of the load-bearing capacity of compressed reinforced

The Keywords

Corrosion, reinforcement, low-cycle loading, columns, alternating loads, hysteresis.

concrete elements due to reinforcement corrosion are the reduction of the cross-sectional area of the working longitudinal and transverse reinforcement, the change of concrete area due to spalling of the protective layer, the reduction of reinforcement plasticity. The paper considers the influence of reinforcement corrosion on reinforced concrete column specimens working on alternating low-cycle impacts simulating seismic ones. The description of experimental column specimens and the methodology of testing are presented. The hysteresis curves of columns under alternating force loading were obtained from the experimental data and the test results were analyzed. On the basis of tests, the main conclusions about the influence of corrosion on the bearing capacity of columns under alternating deformation were formulated.

Date of receipt in edition

28.02.2025

Date of acceptance for printing

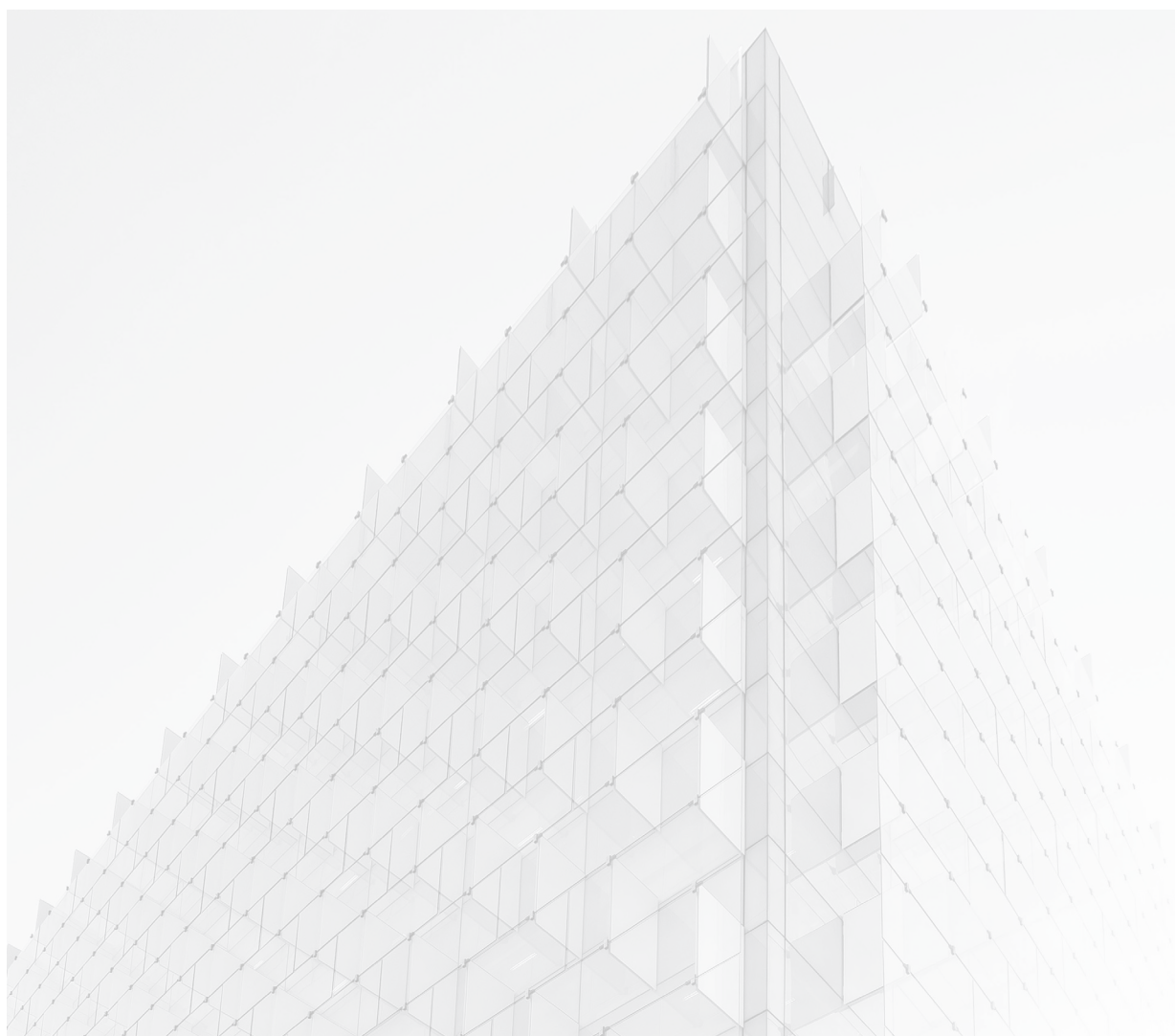
09.03.2025

СТРОИТЕЛЬСТВО

BUILDING

Ссылка для цитирования:

А. Г. Тамразян, М. В. Кудрявцев. Экспериментальное исследование поведения коррозионно-поврежденных колонн при знакопеременном малоцикловом нагружении. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 5–15.





УДК 539.3

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_16-23

ОБ УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТАХ

Э. К. Агаханов

М. А. Магомедов

Х. Р. Сулейманов

Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала

Аннотация

В работе по системе уравнений плоской задачи методом масштабов установлены условия моделирования напряжений в грунтах. Отмечены ограничения по выбору множителей подобия и возможность использования при этом метода центробежного моделирования и эквивалентности напряжений от собственного веса грунта напряжениям от поверхностных сил и вынужденных деформаций для снятия ограничений.

Ключевые слова

Напряжения в грунтах, условия моделирования, собственный вес грунта, поверхностная нагрузка, вынужденные деформации, эквивалентность воздействий.

Дата поступления в редакцию

31.03.2025

Дата принятия к печати

12.04.2025

Введение

Несмотря на возможности современных численных методов, аналитические и экспериментальные методы по-прежнему являются актуальными [1 – 3]. Создание эквивалентных расчетных моделей позволяет решать задачи без воспроизведения их условий [4 – 7]. Фиктивные расчетные модели особенно используются при экспериментальном решении задач, так как осуществимость каждого условия ограничена возможностями техники моделирования.

Существуют рекомендации замены действия собственного веса грунта в области выреза поверхностными нагрузками, прикладываемыми к плоской поверхности основания в пределах ширины выреза. На практике проектирования широко используется вертикальное трапецеидальное или прямоугольное, в зависимости от формы выреза, распределение фиктивной поверхностной нагрузки, соответствующее распределению весов вынимаемой, при отрывке котлована, части грунта. Для определения напряжений от поверхностных нагрузок в основании с плоской поверхностью используют известные аналитические решения. Однако использование таких приближенных расчетных схем приводит к снижению точности получаемых результатов.

Для решения некоторых вопросов проектирования, изучения строительных свойств оснований сооружений и экспериментальной проверки применяемых методов расчета иногда применяются ис-

следования на моделях или штампах, достаточно малых размеров по сравнению с действительными сооружениями. В ряде случаев эти исследования производятся для изучения распределения напряжений по подошве сооружения и в толще основания, для определения характера и изменения величины осадки в зависимости от изменения нагрузки, для определения величины предельной нагрузки, при которой происходит выпор грунта основания, резкое увеличение осадки или же появление незатухающих во времени осадок и т. д. Поэтому представляется весьма существенным выяснить вопрос о допустимости перенесения полученных при этих исследованиях результатов на сооружения значительных размеров и об установлении надлежащих условий моделирования.

Моделирование осуществляется с помощью критериев подобия, на основании которых выполняется модель, определяются условия нагружения и осуществляется переход от замеренных на модели величин к соответствующим величинам натурной конструкции.

Постановка задачи

Из строгой математической постановки задачи определения напряжений в грунтах и с помощью либо теории подобия, либо анализа размерностей установить условия моделирования (критерии подобия) [8, 9]. Для снятия ограничений по выбору множителей подобия создавать эквивалентные расчетные модели. Для проверки достоверности полученных результатов выполнить сравнение с ранее известными решениями задач.

Методы исследования

Для установления необходимых критериев по теории подобия выпишем систему уравнений плоской задачи для модели грунта:

Уравнения равновесия

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Уравнение совместности

$$\nabla^2(\sigma_x + \sigma_z) = 0. \quad (2)$$

Граничные условия

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x l + \tau_{xz} m &= p_x, \\ \tau_{zx} l + \sigma_z m &= p_z. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Где ∇^2 обозначает оператор Лапласа: $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$,

γ — удельный вес грунта,

l, m — направляющие косинусы внешней нормали к поверхности,

p_x, p_z — проекции внешней поверхностной нагрузки на оси координат.

Применяя метод масштабов введем подобные преобразования между величинами в натуре и модели:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x^H &= K_\sigma \cdot \sigma_x^M, \\ \sigma_z^H &= K_\sigma \cdot \sigma_z^M, \\ \tau_{xz}^H &= K_\sigma \cdot \tau_{xz}^M, \\ x^H &= K_l \cdot x^M, \\ z^H &= K_l \cdot z^M, \\ \gamma^H &= K_\gamma \cdot \gamma^M, \\ p_x^H &= K_p \cdot p_x^M, \\ p_z^H &= K_p \cdot p_z^M. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Если записать систему уравнений (1) – (3) для натуре, то с помощью соотношений (4) ее можно привести к виду:

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_\sigma}{K_l} \left[\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right] &= 0, \\ \frac{K_\sigma}{K_l} \left[\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} \right] &= K_\gamma \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\frac{K_\sigma}{K_l} \nabla^2 (\sigma_x + \sigma_z) = 0. \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{K_\sigma}{K_p} [\sigma_x l + \tau_{xz} m] &= p_x, \\ \frac{K_\sigma}{K_p} [\tau_{zx} l + \sigma_z m] &= p_z. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Чтобы уравнения (5) – (7), записанные для натуре, совпали с соответствующими уравнениями для модели, необходимо и достаточно, чтобы выполнялись следующие условия:

$$\frac{K_\sigma}{K_l K_\gamma} = 1, \quad K_\sigma = K_p. \quad (8)$$

Из второго условия (8) получим формулу для пересчета напряжений с модели на натуре:

$$\sigma_x^H = K_p \cdot \sigma_x^M; \quad \sigma_z^H = K_p \cdot \sigma_z^M; \quad \tau_{xz}^H = K_p \cdot \tau_{xz}^M. \quad (9)$$

Из первого условия (8) получаем, что при этом должно выполняться следующее соотношение:

$$K_\gamma = \frac{K_p}{K_l}. \quad (10)$$

Так как при обычных исследованиях собственный вес грунта не может быть при постановке эксперимента изменен, то выполнение условия (10) возможно только при равенстве множителей подобия геометрического масштаба и силового фактора. Данное условие существенно сужает возможности экспериментальных методов моделирования напряжений в грунтах. Для увеличения собственного веса грунта можно использовать метод центробежного моделирования. Тогда множители подобия геометрического масштаба и силового фактора должны быть подобраны в соответствии с условием моделирования (10).

Центробежное моделирование для изучения напряжений в грунтах на уменьшенных моделях было предложено Н. Н. Давиденковым и Г. И. Покровским. Идея способа центробежного моделирования заключается в следующем. К коромыслу, укрепленному на вертикальной оси, на равных расстояниях от оси шарнирно подвешены две каретки (или одна каретка и противовес). При вращении коромысла с достаточно большой угловой скоростью каретки вследствие влияния центробежных сил приходят в горизонтальное положение. При этом центробежные силы будут воздействовать на скелет грунта уложенной в каретке модели сооружения или основания в виде соответствующих массовых или объемных сил, аналогичных по своему действию силам тяжести. Увеличивая скорость вращения, можно достигнуть любого желаемого увеличения этих объемных сил и, в частности, такого, чтобы было удовлетворено условие моделирования. В отличие от моделируемой массовой силы распределение силы инерции неравномерно по объему модели. Размеры модели должны быть гораздо меньше радиуса центрифуги, тогда изменением массовых сил в пределах модели можно пренебречь. Однако возможности центрифуг не беспредельны. С повышением числа оборотов резко возрастает потребляемая электроприводом центрифуги мощность, увеличиваются требования к прочности узлов центрифуги.

Возникающие в грунте напряжения от сил собственного веса удовлетворяются следующим уравнением [10]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x^y}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}^y}{\partial z} &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{zx}^y}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_z^y}{\partial z} &= \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\nabla^2 (\sigma_x^y + \sigma_z^y) = 0. \quad (12)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x^y l + \tau_{xz}^y m &= 0, \\ \tau_{zx}^y l + \sigma_z^y m &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Обозначим через $\sigma_x^p, \sigma_z^p, \tau_{xz}^p, \tau_{zx}^p$ напряжения, возникающие в грунте от поверхностной нагрузки p , распределенной по граничной поверхности и направленной нормально к этой поверхности. В таком случае, очевидно, что эти напряжения удовлетворяются уравнениям

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x^p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}^p}{\partial z} &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{zx}^p}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_z^p}{\partial z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\nabla^2(\sigma_x^p + \sigma_z^p) = 0. \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x^p l + \tau_{xz}^p m &= p_x, \\ \tau_{zx}^p l + \sigma_z^p m &= p_z. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Нетрудно убедиться, что напряжения от сил собственного веса, представленные в виде

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x^\gamma &= \sigma_x^p + p, \\ \sigma_z^\gamma &= \sigma_z^p + p, \\ \tau_{xz}^\gamma &= \tau_{xz}^p, \\ \tau_{zx}^\gamma &= \tau_{zx}^p, \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

удовлетворяют граничным условиям (13).

Подставляя в (11) формулы для напряжений из (17), получим

$$p = \gamma z. \quad (18)$$

В результате

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x^\gamma &= \sigma_x^p + \gamma z, \\ \sigma_z^\gamma &= \sigma_z^p + \gamma z, \\ \tau_{xz}^\gamma &= \tau_{xz}^p, \\ \tau_{zx}^\gamma &= \tau_{zx}^p, \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Нетрудно убедиться, что для напряжений от сил собственного веса, представленных в виде (19), уравнение совместности (12) удовлетворяется.

Таким образом, напряжения от собственного веса грунта эквивалентны напряжениям от поверхностных сил с точностью до всестороннего гидростатического сжатия. Тогда напряжения от собственного веса грунта можно моделировать внешней гидростатической нагрузкой (18) и множители подобия геометрического масштаба и силового фактора должны быть подобраны в соответствии с условием моделирования (10). Для создания гидростатической нагрузки, направленной нормально к граничной поверхности модели грунта можно использовать метод погружения в тяжелую жидкость.

Остановимся в качестве примера на определении напряжений в массиве грунтов от действия собственного веса (**рис. 1**).

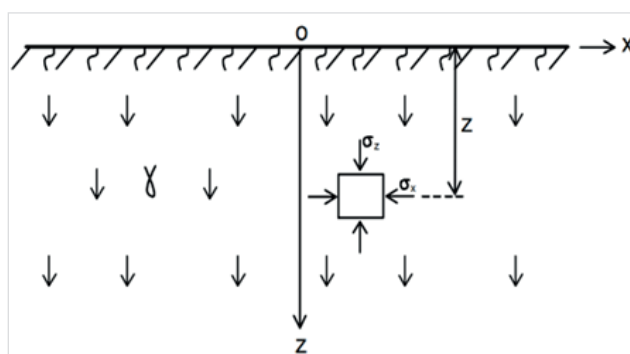


Рис. 1. Массив грунтов под действием собственного веса

При горизонтальной поверхности массива грунтов поверхностная нагрузка P , распределенная по данной поверхности и направленная нормально к этой поверхности, согласно зависимости (18) равна нулю и очевидно равенство нулю составляющих напряжений σ_z^P , τ_{xz}^P и τ_{zx}^P . Тогда из (19) для данных составляющих напряжений от собственного веса грунта имеем

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z^\gamma &= \gamma z, \\ \tau_{xz}^\gamma &= 0, \\ \tau_{zx}^\gamma &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Для определения напряжений σ_x^γ принимаем деформации в горизонтальном направлении, где грунтовое основание бесконечно, равными нулю. Тогда из закона Гука получим

$$\varepsilon_x^\gamma = \frac{1}{E_1} (\sigma_x^\gamma - \mu_1 \sigma_z^\gamma) = 0, \quad (21)$$

где

$$E_1 = \frac{E}{1-\mu^2} \quad \mu_1 = \frac{\mu}{1-\mu},$$

μ — коэффициент поперечного линейного расширения (коэффициент Пуассона),
 E — модуль общей линейной деформации.

Подставляя сюда напряжения из (20), найдем

$$\sigma_x^\gamma = \frac{\mu}{1-\mu} \gamma z. \quad (22)$$

С учетом случая плоской задачи (плоской деформации) по формулам закона Гука имеем

$$\sigma_y^\gamma = \mu (\sigma_x^\gamma + \sigma_z^\gamma) = \frac{\mu}{1-\mu} \gamma z. \quad (23)$$

Совпадение решений рассмотренного примера с известными ранее для напряжений от собственного веса грунта в условиях компрессионного деформирования свидетельствует о достоверности полученных в работе результатов [11, 12].

Коэффициент $\frac{\mu}{1-\mu}$ называется коэффициентом бокового давления грунта в состоянии покоя. В частности, при $\mu = 0,5$, что соответствует несжимаемому материалу, этот коэффициент равен единице и все три нормальных напряжения равны γz , то есть имеет место всестороннее (гидростатическое) сжатие.

Анализ результатов

При моделировании напряжений в грунтах множители подобия K_l и K_p , определяющие геометрический масштаб и силовой фактор модели, могут быть выбраны произвольно, а множитель K_γ , определяющий удельный вес грунта, должен быть выбран в соответствии с условием (10).

Так как изменение собственного веса грунта в экспериментах с обычными моделями и на штампах не представляется возможным, то следует принимать $K_\gamma = 1$, откуда для грунтов получается условие моделирования .

Замена собственного веса грунта эквивалентной поверхностной силой и моделирование напряжений внешней гидростатической нагрузкой позволяет снять ограничения по выбору множителей подобия.

Заключение

Необходимым условием подобия напряженных состояний грунтов в натуре и модели является равенство множителей подобия геометрического масштаба и силового фактора. Данное условие подобия значительно снижает ценность практического использования результатов исследования грунтов штампами в случае значительной ширины действительного сооружения. Использование эквивалентных расчетных моделей для снятия ограничений по выбору множителей подобия существенно расширило возможности моделирования напряжений в грунте.

Библиографический список

1. Агаханов Э. К., Агаханов М. К. О возможности применения эквивалентности воздействий в аналитических решениях задач теории упругости. Вестник МГСУ. 2010. № 4-3. С. 144 – 148.
2. Агаханов Э. К., Агаханов М. К. О моделировании действия объемных сил в упругоползучем теле. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2005. № 1 (129). С. 25а – 26.
3. Агаханов Э. К. О развитии комплексных методов решения задач механики деформируемого твердого тела. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 2. С. 39.
4. Савостьянов В. Н., Агаханов Э. К. Об эквивалентности воздействий в статической задаче механики деформируемого твердого тела. Известия высших учебных заведений. Строительство. 1995. № 10. С. 26 – 30.
5. Agakhanov E., Sultanova L., Hizriyeva Z., Agakhanov M. Conditions of equivalence of effects for the solid body from incompressible material. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01031.
6. Агаханов Э. К., Агаханов М. К. Эквивалентность воздействий для несжимаемого материала. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 11. С. 40 – 44.
7. Агаханов Э. К., Магомедэминов Н. С. Условия эквивалентности воздействий для перемещений. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2007. № 12. С. 27.
8. Ухов С. Б., Семенов В. В., Знаменский В. В., Тер-Мартirosян З. Г., Чернышев С. Н., Механика грунтов, основания и фундаменты, М., АСВ, 1994, 527 с.
9. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике, М., Наука, 1965, с.386
10. Agakhanov E., Batmanov E., Agakhanov M. The stress-strain state from its own weight in ground base with trapezoidal cutout. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 03047.
11. Флорин В. А. Основы механики грунтов, т. 1, Госстройиздат, 1959, 356 с.
12. Цытович Н. А. Механика грунтов, М., ВШ, 1983, 288 с.

ABOUT THE CONDITIONS FOR SIMULATING STRESS IN SOILS

E. K. Agakhanov

M. A. Magomedov^{*/**}

Kh. R. Suleymanov^{*}

Dagestan State Technical University, Makhachkala

Abstract

In the work, using the system of equations of a plane problem, the conditions for modeling stresses in soils were established using the method of scales. Limitations on the choice of similarity factors and the possibility of using the centrifugal modeling method and the equivalence of stresses from the soil's own weight to stresses from surface forces and forced deformations to remove restrictions are noted.

The Keywords

Stresses in soils, modeling conditions, soil own weight, surface load, forced deformations, equivalence of impacts.

Date of receipt in edition

31.03.2025

Date of acceptance for printing

12.04.2025

Ссылка для цитирования:

Э. К. Агаханов, М. А. Магомедов, Х. Р. Сулейманов. Об условиях моделирования напряжений в грунтах. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 16–23.



УДК 69

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_24-30

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕМОНТАЖА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПОВРЕЖДЕННЫХ В СЛЕДСТВИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

К. Я. Аллахвердиев

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва

Аннотация

В статье рассмотрены организационно-технологические особенности демонтажа зданий и сооружений, получивших повреждения в результате техногенных воздействий. Представлено исследование, основанное на анализе реальных случаев демонтажа в условиях затруднённого доступа к объектам и наличия повышенной опасности для персонала. Предложены рекомендации по совершенствованию методов оценки состояния конструкций и выбора оптимальной технологии демонтажа с учётом показателей экономической эффективности и безопасности. Результаты исследования обобщены в сводных таблицах, а также проанализированы с точки зрения влияния различных факторов на эффективность и устойчивость работы проектно-строительных организаций.

Ключевые слова

Демонтаж зданий и сооружений, техногенные воздействия, организационно-технологические особенности, методы демонтажа, безопасность, строительные конструкции, экономическая эффективность, строительные работы, аварийные объекты, деформационные процессы.

Дата поступления в редакцию
23.03.2025

Дата принятия к печати
04.04.2025

Введение

Современная строительная практика сталкивается с задачами демонтажа зданий и сооружений, получивших различные по степени и масштабу повреждения вследствие техногенных воздействий. Анализ статистики происшествий и систематизация опыта проектно-строительных организаций показывают, что риски разрушения или дальнейшего ухудшения состояния конструкций возрастают при несвоевременном принятии решений о демонтаже либо при неправильном выборе технологии его проведения. Подобные ситуации часто приводят к повышенной опасности для персонала и окружающей территории, а также к негативным экономическим и социальным последствиям.

Необходимость учёта организационно-технологических особенностей демонтажа аварийных объектов обусловлена многообразием дефектов и повреждений, появляющихся при техногенных катастро-

фах, авариях, пожарах, взрывах или нарушениях технологических процессов. В условиях техногенного влияния могут возникать интенсивные деформации несущих элементов, которые влияют на устойчивость и прочность зданий. Особую проблему представляет наличие токсичных веществ и материалов, образующихся при авариях или применяемых ранее в строительстве и эксплуатации. По этой причине при демонтаже требуется использовать специальные подходы, направленные на снижение риска травматизма рабочих и предотвращение экологического вреда [8].

Организационно-технологическое планирование работ по демонтажу повреждённых объектов становится все более актуальной задачей в связи с моральным старением значительной части промышленных и инфраструктурных объектов, а также ростом числа аварий и чрезвычайных ситуаций, вызванных как внешними, так и внутренними факторами. Кроме того, вопросы выбора оптимальной технологии демонтажа неразрывно связаны с вопросами экономической целесообразности, поскольку затраты на демонтаж могут существенно варьироваться в зависимости от применяемых методов и состояния конструкций [2].

Актуальность темы подчёркивается необходимостью развития научно-обоснованных рекомендаций для проектировщиков, подрядчиков и государственных органов, осуществляющих контроль над выполнением работ повышенной опасности. В рамках данной статьи осуществлён анализ ряда реальных объектов, подвергшихся техногенным воздействиям, и приведено сравнительное исследование применяемых подходов к демонтажу. Целью исследования является формирование научно-методических основ выбора и оптимизации организационно-технологических решений, позволяющих повысить надёжность, безопасность и экономическую эффективность работ по демонтажу.

Материалы и методы исследования

Исследование основано на анализе данных, полученных из проектных и отчётных документов подрядных организаций, выполнявших демонтаж производственных, жилых и административных зданий в различных регионах. Выбор объектов для анализа определялся степенью их повреждения, сложностью организационно-технологических условий и доступностью сведений о фактическом ходе работ. В качестве первичных материалов использовались технические отчёты о состоянии несущих и ограждающих конструкций, акты обследования строительных конструкций, а также финансово-плановые документы, регламентирующие затраты на демонтаж и ликвидацию последствий аварий. Для более детального исследования характерных организационно-технологических проблем были дополнительно проведены полевые выезды на объекты, беседы со специалистами, анализ рабочих чертежей и фотографий, а также идентификация технологических схем и использованного оборудования.

При обработке результатов использовался комплекс методов, включающий системно-структурный анализ, сравнение качественных и количественных показателей, а также моделирование во временном разрезе. С учётом сложности влияния техногенных факторов применялись экспертные оценки уровня повреждений конструкций. Для формализации результатов использовались методы математической статистики, включая расчёт средних величин, стандартных отклонений и корреляционных связей между показателями. Такой подход позволил выявить закономерности и факторы, определяющие эффективность и безопасность демонтажа зданий, повреждённых техногенными воздействиями [10].

Организационно-технологические особенности рассматриваемых работ изучались на основе критериев, включающих фактор опасности для рабочего персонала и прилегающей территории, длительность демонтажных процедур, объём необходимых механизмов и оборудования, требования по транспортировке и утилизации образующихся отходов, а также показатели экономической эффективности. Для

систематизации выявленных характеристик и представления их в наглядном виде были разработаны и приведены обобщающие таблицы, отражающие связь между применяемым методом демонтажа, степенью повреждения конструкций и затратами на выполнение работ.

Результаты и обсуждения

В ходе исследования было выявлено, что выбор метода демонтажа аварийного здания зависит от множества факторов, среди которых существенную роль играют вид и степень повреждений конструкций. При незначительных трещинах и локальных разрушениях несущих элементов может применяться поэлементный ручной демонтаж с постепенным снятием конструкций и дальнейшей утилизацией. В более тяжёлых случаях, когда деформации затрагивают значительные участки стен или перекрытий, использование тяжёлой техники в сочетании с направленными подрывами оказывается оправданным с экономической точки зрения, однако требует повышенного внимания к безопасности [4].

Анализ архивных и свежих данных позволил выявить зависимость экономических показателей от применяемого способа демонтажа и фактической степени повреждённости объектов. В частности, было получено, что при значительных структурных разрушениях целесообразность ручного разбора резко снижается, поскольку возрастают риски обрушений и продолжительность работ. В то же время метод направленного взрыва может существенно снизить трудоёмкость, но повышает уровень опасности и требует тщательного анализа местоположения объекта, близости соседних построек и плотности городской среды [6].

Для наглядного представления общих результатов сформирована сводная таблица, отражающая связи между способом демонтажа, показателями безопасности и затратами на выполнение работ, основанная на данных анализа десяти различных объектов в трёх регионах.

Таблица 1

**Сравнительный анализ методов демонтажа зданий,
повреждённых техногенными воздействиями**

Методы демонтажа	Средняя продолжительность, дни	Удельные затраты, руб./м²	Уровень опасности	Применимость при серьёзных повреждениях
Ручной поэлементный разбор	30 – 60	800 – 1500	Низкий – Средний	Ограниченная, предпочтительно при локальных дефектах
Механизированное сношение	15 – 30	600 – 1100	Средний	Применимо при умеренных и локальных повреждениях
Направленный взрыв	5 – 10	400 – 700	Высокий	Высокая эффективность при значительных повреждениях
Комбинированный метод	10 – 20	500 – 900	Средний – Высокий	Подходит при неоднородных дефектах и сложной планировке

В рамках сравнительного анализа руководствуются параметрами средней продолжительности работ, оценочными удельными затратами и уровнем опасности для человеческого фактора и прилегающих территорий, а также учитывают применимость метода при серьёзных структурных повреждениях.

Указанные диапазоны затрат и сроков получены путём усреднения фактических данных по реальным проектам в исследованных регионах [9].

Для оценки влияния выбранных методов на экологические показатели и объём отходов была сформирована дополнительная таблица, где проанализированы объёмы строительного мусора и необходимость специализированной утилизации потенциально опасных материалов, таких как асбестосодержащие элементы или пропитанные химическими составами конструкции, повреждённые при авариях.

Таблица 2

Оценка объёмов отходов и экологических рисков при разных методах демонтажа

Методы демонтажа	Объём отходов (отн. ед.)	Доля опасных отходов, %	Необходимость спец. утилизации	Потенциал повторного использования материалов
Ручной поэлементный разбор	Средний	5 – 10	Низкая	Высокий, разбор даёт возможность селективной утилизации
Механизированное сношение	Высокий	10 – 15	Средняя	Средний, часть конструкций может быть повреждена неравномерно
Направленный взрыв	Высокий	15 – 20	Высокая	Низкий, материалы смешиваются и повреждаются
Комбинированный метод	Средний – Высокий	10 – 15	Средняя – Высокая	Средний, зависит от доли ручной или механизированной фазы

Систематизация данных в сводных таблицах позволила провести анализ особенностей выбора оптимального метода демонтажа с учётом организационно-технологических факторов. При наличии большого количества опасных отходов более предпочтителен ручной поэлементный разбор, обеспечивающий селективное изъятие вредных материалов и позволяющий утилизировать разные виды мусора в соответствии с их классом опасности. Однако такой подход требует значительных временных и трудовых ресурсов, повышает затраты и имеет ограниченную эффективность в случаях, когда аварийность объекта носит масштабный характер [11].

При обсуждении организационно-технологических решений не менее важным аспектом становится безопасность не только работающих на объекте людей, но и окружающей инфраструктуры. В городе со сложной застройкой или в случае плотной жилой застройки применение направленного взрыва необходимо сопровождать сложными расчётами и получением специальных согласований, что может привести к удорожанию и задержкам. Преимущество направленного взрыва проявляется на обширных территориях или в промышленных зонах с ограниченной плотностью застройки, где можно чётко спрогнозировать траекторию обрушения объекта и обезопасить прилегающую зону [3].

В работе дополнительно рассмотрены примеры реальных демонтажных процедур трёх объектов промышленного назначения, серьёзно повреждённых взрывами и пожарами, в результате которых в несущих конструкциях образовались глубокие трещины и были потеряны целые участки элементов. Для каждого из этих объектов проводился детальный технико-экономический анализ возможных вариантов демонтажа и их влияния на безопасность персонала. Первый объект, представлявший собой цех химического производства, обладал обширными зональными разрушениями. Ввиду

сложной структуры здания и расположения технологического оборудования было выбрано сочетание механизированного сноса с частичным применением ручных способов для наиболее уязвимых участков. Второй объект, находившийся в зоне минимальной плотности застройки, был полностью демонтирован методом направленного взрыва, что позволило существенно снизить продолжительность работ. Третий объект, пострадавший при пожарах на складе горюче-смазочных материалов, демонстрировал сочетание механических повреждений и химической опасности для персонала, что потребовало привлечения специалистов по промышленной экологии и организации специальных кордонов безопасности при демонтаже [1].

Обобщённый опыт демонтажа указанных объектов показал, что повышение эффективности работ достигается при комплексном учёте состояния конструкций, степени доступности площадки, возможностей обеспечения безопасности и требований по утилизации опасных материалов. Использование тяжёлой техники без предварительного укрепления критических зон может привести к непредсказуемым обрушениям и утрате контроля над процессом, поэтому точное проектирование демонтажных операций оказывается ключевым условием [5].

Существенное влияние на выбор технологии демонтажа оказывает и экономическая составляющая. Финансовые затраты, связанные с ручным разбором или с использованием высококвалифицированных специалистов, должны соизмеряться с рисками аварийных ситуаций в процессе работ. Применение направленных взрывов снижает трудозатраты, но требует отдельной статьи расходов на согласование, расчёт взрывных работ, подготовку к ним и устранение последствий, включая сортировку смешанных строительных отходов [8].

С точки зрения практики проектных организаций, наиболее востребованными остаются комбинированные методы, позволяющие гибко реагировать на изменения состояния здания в ходе демонтажа. Например, если в процессе частичного сноса обнаруживается критическое состояние несущих узлов, может быть принято решение о локальном применении направленных подрывов или о дополнительных мерах безопасности при ручном разборе. Выбор стратегии демонтажа тесно связан и с прогнозированием нагрузки на транспортную инфраструктуру, поскольку вывоз крупнофракционных отходов тяжёлой техникой может создавать дополнительные затруднения в городской среде.

Выводы

Проведённое исследование подтверждает важность комплексного подхода к выбору метода демонтажа зданий и сооружений, получивших повреждения от техногенных воздействий. Анализ конкретных объектов с разной степенью аварийности продемонстрировал, что экономическая эффективность и безопасность могут существенно варьироваться в зависимости от используемой технологии. На основе обобщения данных о фактических затратах, уровне опасности и продолжительности работ установлено, что точность оценки состояния конструкций, локализация опасных зон и выбор оптимального метода сноса напрямую влияют на снижение риска непредвиденных обрушений и травматизма.

Сопоставление результатов для разных способов демонтажа выявило, что наиболее щадящим с точки зрения безопасности и экологических последствий является ручной поэлементный разбор, однако такой метод не всегда целесообразен в условиях крупных аварийных объектов из-за существенных сроков и высоких издержек. Направленный взрыв, напротив, максимально ускоряет процесс, но несёт повышенные риски и требует строгого соблюдения технологических регламентов, особенно в условиях плотной застройки. Комбинированные методы позволяют снизить отрицательные аспекты каждого из подходов, обеспечивая баланс между безопасностью, скоростью демонтажа и уровнем затрат.

Проведённый анализ показывает, что в условиях техногенных воздействий, приводящих к частичным или полным разрушениям строительных конструкций, становятся критичными аспекты организационно-технологического планирования, включающие разработку детальной проектной документации по демонтажу, проведение дополнительных изысканий для оценки устойчивости несущих элементов, точное определение зон потенциальной опасности и разработку мероприятий по охране труда и экологии. Своевременное и грамотное внедрение этих мероприятий позволяет повысить результативность работ, избежать вторичных аварий и наладить безопасные условия для персонала и населения.

Применение описанной методики сравнительного анализа на этапе планирования демонтажа повышает точность выбора оптимальной технологии с учётом конкретных условий объекта, бюджетных ограничений и требований к безопасности. Системный подход, учитывающий все факторы — от механических повреждений конструкций до экологических последствий, — формирует предпосылки для более надёжного и эффективного выполнения демонтажных работ, особенно в условиях техногенных воздействий, где степень неопределённости может быть выше, чем при обычном демонтаже.

Развитие научно-обоснованных рекомендаций по организационно-технологическому сопровождению демонтажа зданий и сооружений, подвергшихся техногенным повреждениям, имеет важное значение для дальнейшего совершенствования строительной практики и обеспечения безопасности населения. Результаты исследования могут служить основой для разработки нормативно-правовых актов и методических пособий, ориентированных на повышение уровня профессиональной компетентности проектировщиков, подрядчиков и специалистов по охране труда.

Библиографический список

1. Алиев Н. М. Разработка организационно-технологических решений демонтажа строительных конструкций // ББК 40.72 С56 ФМ-04. — 2023. — С. 119.
2. Бирюков А. Н., Пресняков А. А., Таутиев И. М. Исследование технико-экономических показателей технологий производства работ по демонтажу зданий и сооружений // СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В КОНТЕКСТЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ. — 2023. — С. 265 – 270.
3. Богатырев И. С., Цацулин А. Н. Еще раз о проблемах сохранения объектов недвижимого культурного наследия с позиций коллективного и индивидуального потребительского восприятия // Управленческое консультирование. — 2024. — №. 1 (181). — С. 174 – 193.
4. Кокоев М. Н. Алгоритм определения категории технических и эксплуатационных характеристик зданий для использования в стоимостной оценке // III Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция. — 2023. — С. 86.
5. Кормановская Т. А. и др. Контроль показателей радиационной безопасности зданий и сооружений, подлежащих сносу // Радиационная гигиена. — 2022. — Т. 15. — №. 2. — С. 42 – 51.
6. Леонович С. Н. и др. Технология производства строительных работ при реконструкции действующих объектов. — 2022. — 221 с.
7. Пименов В. И. Проектирование, строительство и реконструкция сейсмостойких зданий и сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений Научно-технический журнал. — 2023. — С. 59.

8. Погорельцева Е. Е., Полити В. В. Формирование комплексного подхода к выбору эффективных строительных материалов для районов Крайнего Севера // Отходы и ресурсы. — 2022. — Т. 9. — №. 3.
9. Соловьев А., Никонова Е., Герасимов А. Проектирование зданий и сооружений. — Litres, 2022. — 236 с.
10. Чернов А. Ю. Обеспечение безопасности застроенных территорий за счёт геоэкологической оценки вероятных землетрясений // Г35 Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли — 2022 [Элек. — 2022. — С. 134].
11. Ширишков Б., Акулич В. Особенности разработки организационно-технологических решений при выполнении строительно-восстановительных работ в чрезвычайных ситуациях. — Litres, 2022. — 535 с.

METHODS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF DISMANTLING BUILDINGS AND STRUCTURES DAMAGED AS A RESULT OF MAN-MADE IMPACTS

K. Ya. Allahverdiyev

P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

Abstract

The article discusses the organizational and technological features of the dismantling of buildings and structures damaged by man-made impacts. A study is presented based on an analysis of real cases of dismantling in conditions of difficult access to facilities and the presence of increased danger to personnel. Recommendations are proposed for improving methods for assessing the condition of structures and choosing the optimal dismantling technology, taking into account economic efficiency and safety indicators. The results of the study are summarized in summary tables, as well as analyzed in terms of the influence of various factors on the efficiency and sustainability of design and construction organizations.

The Keywords

Dismantling of buildings and structures, man-made impacts, organizational and technological features, dismantling methods, safety, building structures, economic efficiency, construction work, emergency facilities, deformation processes.

Date of receipt in edition

23.03.2025

Date of acceptance for printing

04.04.2025

Ссылка для цитирования:

К. Я. Аллахвердиев. Методы организационно-технологических особенностей демонтажа зданий и сооружений, поврежденных в следствии техногенных воздействий. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 24–30.



УДК 539.37

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_31-40

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРЕКРЕСТНО АРМИРОВАННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ КРУЧЕНИИ

Н. А. Берков *

А. И. Архангельский */**

Т. А. Горшунова *

М. В. Архангельская */***

* МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва

** Московский политехнический университет, г. Москва

*** Российская академия народного хозяйства и Государственной службы при президенте Российской Федерации, г. Москва

Аннотация

Для композиционных материалов волокнистой структуры, получаемых при изготовлении композитной оболочки намоткой, предложена математическая модель композитной оболочки, позволяющая оценить прочностные свойства композита. Разработанная математическая модель применена для оценки прочности армированной цилиндрической оболочки, нагруженной крутящим моментом. Эта модель в дальнейших исследованиях будет уточняться для композитов различной структуры и свойств компонентов.

Ключевые слова

Композиционно волокнистый материал, армирование, армированная цилиндрическая оболочка, прочность цилиндрической оболочки.

Дата поступления в редакцию

27.02.2025

Дата принятия к печати

12.03.2025

Данная работа является продолжением работы [1], в которой разработана математическая модель композитной оболочки, позволяющая оценивать прочностные свойства композита, и на основании разработанной модели проведено исследование прочностных характеристик армированной цилиндрической оболочки, нагруженной осевой растягивающей силой. В данной работе проведем прочностной анализ многослойной цилиндрической оболочки, полученной перекрестной намоткой, нагруженной крутящим моментом. При нагружении цилиндрической оболочки крутящим моментом, напряженно-деформированное состояние имеет совсем другой вид, чем при нагружении растягивающей силой. По-прежнему рассматриваем композиционный материал, состоящий из двух однонаправленных слоев [1, рис. 1]. Слой, как правило, формируют из прочных нитей, помещенных

в «непрочную» матрицу-связующее, обеспечивающую структурную целостность композита, которая исчезает с разрушением одного из композитов.

В рамках линейной упругости сделаем оценку вклада каждого компонента в прочность намотанной цилиндрической оболочки толщиной h , нагруженной крутящим моментом (рис. 1).

Образующие слои, уложенные под углами $\pm\alpha$ к меридиану. Расчетная модель композита, которая используется для нахождения растягивающих и сжимающих напряжений, предполагает равномерное «размазывание» нитей каждого слоя по оболочке, которая превращается в слоеный пакет, сохраняющий свою толщину h неизменной:

$$h = \frac{h_c}{2} + 2 \frac{h_c}{4} + 2h_n = h_c + 2h_n,$$

где h_c — общая толщина связующего; h_n — толщина слоя наполнителя (волокон).

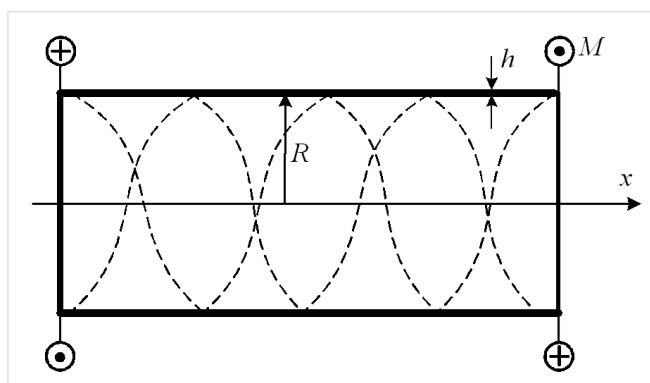


Рис. 1. Армированная цилиндрическая оболочка под действием крутящего момента

Крутящий момент M воспринимается связующим, в котором возникают окружные касательные напряжения $\tau_{\phi c}$, направленные по касательной к окружности, и усилиями растяжения и сжатия $T = \sigma_n h_n$ в нитях (волокнах), растянутых в одном слое и сжатых в другом (рис. 2):

$$M = (2\sigma_n h_n R \sin \alpha + \tau_{\phi c} h_c R) \cdot 2\pi R, \quad (1)$$

где R — радиус срединной поверхности цилиндрической оболочки.

Параметры ячейки перекрестно армированной оболочки показаны на рис. 3. Введем относительные параметры материала и напряжений

$$v = \frac{V_n}{V_c} = \frac{2h_n}{h_c}, \quad (2)$$

$$k_{nc} = \frac{\sigma_n}{\tau_{\phi c}}, \quad (3)$$

где V_n , V_c — объемы наполнителя и связующего.

Тогда выражение (1) можно записать в таком виде:

$$M = 2\pi R^2 \tau_{\phi c} (v \cdot k_{nc} \sin \alpha + 1) = M_c (v \cdot k_{nc} \sin \alpha + 1), \quad (4)$$

Поскольку габариты l_x и l_y ромбической ячейки (см. рис. 3), образованной перекрестными нитями в меридиональном и окружном направлениях, не изменяются при кручении, в расчете эти деформации сдвига удобнее перевести в плоскости xz и yz (оси x и y соответствуют меридиональному и окружному направлениям) (рис. 4, в).

$$\gamma_{xz} = (\gamma_{+\alpha z} + \gamma_{-\alpha z}) \cos \alpha, \quad \gamma_{yz} = (\gamma_{+\alpha z} + \gamma_{-\alpha z}) \sin \alpha. \quad (6)$$

Полная деформация сдвига в окружном направлении включает в себя и сдвиг в связующем вследствие закручивания оболочки, когда образующая поворачивается на угол $\gamma_{\varphi c}$ (рис. 5).

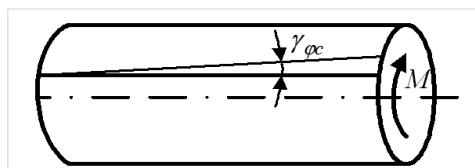


Рис. 5. Деформация сдвига

$$\gamma_{\varphi c} = \frac{\tau_{\varphi c}}{G_c}, \quad (7)$$

где G_c — модуль сдвига связующего.

Сдвиговая деформация в окружном направлении

$$\gamma_{yx\Sigma} = \gamma_{yz} + \gamma_{\varphi c} - \gamma_{\alpha} \sin \alpha + \gamma_{\varphi c}, \quad (8)$$

$$\gamma_{\alpha} = \gamma_{+\alpha z} + \gamma_{-\alpha z}.$$

Удлинение длины нити

$$\Delta l = \frac{T}{E_H h_H} l = \frac{\sigma_H}{E_H} l, \quad (9)$$

при кручении оболочки приводит к искажению ромбического контура элементарной ячейки намотанной цилиндрической оболочки (рис. 6). Можно найти величину Δl в зависимости от деформации связующего

$$\Delta l = \gamma_{\varphi c} \cdot l \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{\tau_{\varphi c}}{G_c} l \sin \alpha \cdot \cos \alpha. \quad (10)$$

Соотношения (9) и (10) устанавливают зависимость между относительными деформациями наполнителя (нитей) и связующего при пренебрежении межслойным сдвигом в функции угла α .

$$\frac{\varepsilon_H}{\gamma_{\varphi c}} = \sin \alpha \cdot \cos \alpha, \quad \varepsilon_H = \frac{\Delta l}{l}, \quad (11)$$

или между жесткостными характеристиками компонентов и напряжениями в последних

$$k_{nc} = \frac{\sigma_H}{\tau_{\varphi c}} = \frac{E_H}{G_c} \sin \alpha \cdot \cos \alpha. \quad (12)$$

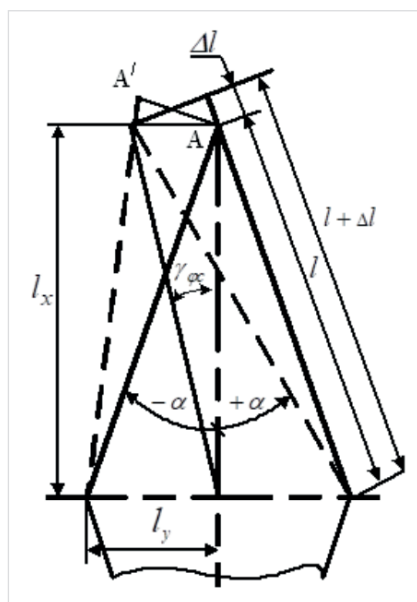


Рис. 6. Деформирование ячейки

Возвращаясь к внешнему моменту M и принимая во внимание выражения (2), (3), (12), можно записать

$$M = \tau_{\varphi\kappa} (k_{\text{нс}} \nu \sin \alpha + 1) \frac{2\pi R^2 h}{1 + \nu}. \quad (13)$$

Прочность связующего оценивается через величину интенсивности напряжений

$$\sigma_{ic} = \sqrt{3(\tau_{xz}^2 + \tau_{yz\Sigma}^2)}, \quad (14)$$

$$\tau_{xz} = G_c \cdot \gamma_{xz}, \quad \tau_{xz\Sigma} = G_c \cdot \gamma_{xz\Sigma}.$$

Таким образом, можно сформулировать следующий алгоритм расчета: (1) определяется значение коэффициента $k_{\text{нс}}$ согласно выражению (12);

(2) задаваясь величиной $\tau_{\varphi\kappa}$, вычисляется крутящий момент согласно выражению (13);

(3) определяются деформации сдвига $\gamma_{\varphi\kappa}$, γ_{xz} , $\gamma_{yz\Sigma}$, соответствующие моменту M , принимая согласно выражениям (5) $|\gamma_{+\alpha z}| = |\gamma_{-\alpha z}|$.

$$\gamma_{\varphi\kappa} = \frac{\tau_{\varphi\kappa}}{G_c}, \quad \Delta l = \Delta l_{\alpha} = l \gamma_{yc} \sin \alpha \cdot \cos \alpha,$$

$$\gamma_{xz} = 2 \frac{\Delta l}{k} \cos \alpha, \quad \gamma_{yz\Sigma} = 2 \frac{\Delta l}{k} \sin \alpha + \gamma_{\varphi\kappa};$$

(4) вычисляются касательные напряжения в связующем

$$\tau_{xz} = G_c \cdot \gamma_{xz}, \quad \tau_{yz\Sigma} = G_c \cdot \gamma_{yz\Sigma};$$

(5) значение интенсивности напряжения σ_{ic} , вычисленное по формуле (14), следует сравнить с пределом прочности (временным сопротивлением) связующего σ_{bc} . Если выполняется условие $\sigma_{ic} > \sigma_{bc}$, то

связующее начинает растрескиваться (начало образования трещины); тогда необходимо изменить структуру композита или уменьшить нагрузку (момент M);

(6) вычислить напряжения в нитях $\sigma_n = k_{nc} \cdot \tau_{\phi c}$ и сравнить с пределом прочности материала наполнителя (нити) $\sigma_{вн}$.

Примечание. После определения деформаций сдвига γ_{xz} и γ_{yz} (пункт 3) можно вместо интенсивности напряжений вычислить интенсивность деформаций

$$\varepsilon_{ic} = \sqrt{\frac{1}{3}(\gamma_{xz}^2 + \gamma_{yz}^2)},$$

которую следует сравнить с величиной предельной деформации $\varepsilon_{вс}$.

Для того, чтобы количественно оценить вклад деформации межслойного сдвига, рассмотрим примеры расчета прочности намотанных под разными углами α цилиндрических оболочек, нагруженных крутящим моментом. Компоненты композита — наполнитель и связующее — имеют такие характеристики:

$$\begin{aligned} E_n &= 60 \text{ ГПа}, \quad E_c = 6 \text{ ГПа}, \quad 2h_n = h_c, \quad \nu = \frac{2h_n}{h_c} = 1, \quad \sigma_{вн} = 1 \text{ ГПа}, \\ \sigma_{вс} &= 1,2 \text{ МПа}, \quad \frac{2h_n}{h} = \frac{h_c}{h}, \quad \varepsilon_{вн} = 1,66\%, \quad \varepsilon_{вс} = 2\%, \quad G_c = 3 \text{ ГПа}, \\ \tau_{вс} &= 0,6 \text{ МПа}, \quad R = 0,1 \text{ м}. \end{aligned}$$

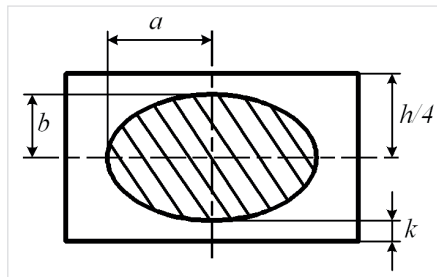


Рис. 7. Сечение нити

Нить эллиптического сечения (рис. 7), имеющего полуоси $a = 0,36$ мм, $b = 0,27$ мм, площадью поперечного сечения $F_n = 0,31$ мм². Параметры слоя $k = 0,16$ мм, $h = 1,72$ мм.

Габаритные размеры ромбической ячейки

$$l_x = 0,25h / \sin \alpha, \quad l_y = 0,25h / \cos \alpha, \quad l = l_x / \cos \alpha \frac{0,25h}{\sin \alpha \cos \alpha}.$$

Пример 1

Примем $\alpha = 45^\circ$, $l = 0,86$ мм.

$$(1) k_{nc} = \frac{60}{3} \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ = 10.$$

Вариант 1

(2) Задаемся $\tau_{\phi c} = 0,5\tau_{вс} = 0,3$ МПа, тогда

$$M = 0,3 \cdot 10^6 (10 \cdot 1 \cdot 0,707 + 1) \frac{2\pi 0,1^2 \cdot 0,00172}{1+1} = 130,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$(3) \gamma_{\phi c} = \frac{\tau_{\phi c}}{G_c} = \frac{0,3}{3000} = 1 \cdot 10^{-4};$$

$$\Delta l = \gamma_{\phi c} \cdot l \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \gamma_{\phi c} \frac{0,25h}{\sin \alpha \cos \alpha} \sin \alpha \cos \alpha = 0,25h\gamma_{\phi c} \text{ или}$$

$$\Delta l = 0,25 \cdot 1,72 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 0,43 \cdot 10^{-4} \text{ мм};$$

$$\gamma_{xz} = 2 \frac{\Delta l}{k} \cos \alpha = 2 \frac{0,43 \cdot 10^{-4}}{0,16} \cdot 0,707 = 3,8 \cdot 10^{-4};$$

$$\gamma_{yz\Sigma} = \gamma_{yz} + \gamma_{\phi c} = 3,8 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-4} = 4,8 \cdot 10^{-4}.$$

(4) Касательные напряжения:

$$\tau_{xz} = G_c \cdot \gamma_{xz} = 3000 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} = 1,14 \text{ МПа}.$$

Устанавливаем, что $\tau_{xz} > \tau_{bc}$. Следовательно, возникающие в плоскостях xz и yz касательные напряжения существенно больше предела прочности связующего τ_{bc} .

Вариант 2

(2) Задаемся $\tau_{\phi c} = 0,185\tau_{bc} = 0,110 \text{ МПа}$, тогда $M = 48,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

(3) $\gamma_{\phi c} = 0,37 \cdot 10^{-4}$; $\Delta l = 0,159 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$; $\gamma_{xy} = 1,4 \cdot 10^{-4}$; $\gamma_{yz\Sigma} = 1,77 \cdot 10^{-4}$.

(4) $\tau_{xz} = 0,422 \text{ МПа}$, $\tau_{yz\Sigma} = 0,53 \text{ МПа}$.

(5) $\sigma_{ic} = 1,2 \text{ МПа}$.

Следовательно, при крутящем моменте $M = 48,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ начинается процесс растрескивания связующего, что еще не означает разрушения оболочки, так как связующее в удалении от оси x начнет растрескиваться при большем моменте M . Наблюдается нелинейная зависимость M с увеличением $\tau_{\phi c}$.

(6) Вычисляем соответствующие напряжения в нитях:

$$\sigma_n = E_n \cdot \frac{\Delta l}{l} = 60000 \frac{0,159}{10^4 \cdot 0,86} = 1,1 \text{ МПа} \ll \sigma_{вн}.$$

Пример 2

Примем $\alpha = 30^\circ$, $l = 1 \text{ мм}$.

Вычисляем:

$$(1) k_{nc} = \frac{60}{3} \sin 30^\circ \cdot \cos 30^\circ = 8,6;$$

(2) задаемся $\tau_{\phi c} = 0,19\tau_{bc} = 0,114 \text{ МПа}$; тогда

$$M = 0,114 \cdot 10^6 (8,6 \cdot 1 \cdot 0,5 + 1) \frac{2\pi \cdot 0,1^2 \cdot 0,00172}{2} = 32,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$(3) \gamma_{\phi c} = \frac{0,114}{3000} = 0,38 \cdot 10^{-4};$$

$$\Delta l = 0,25h\gamma_{\phi c} = 0,25 \cdot 1,72 \cdot 0,38 \cdot 10^{-4} = 0,163 \cdot 10^{-4} \text{ мм};$$

$$\gamma_{xz} = 2 \frac{\Delta l}{k} \cos \alpha = 2 \frac{0,163 \cdot 10^{-4}}{0,16} \cdot 0,866 = 1,77 \cdot 10^{-4};$$

$$\gamma_{yz\Sigma} = (1,02 + 0,38)10^{-4} = 1,4 \cdot 10^{-4};$$

(4) касательные напряжения

$$\tau_{xz} = G_c \cdot \gamma_{xz} = 3000 \cdot 1,77 \cdot 10^{-4} = 0,53 \text{ МПа}; \quad \tau_{yz\Sigma} = 0,42 \text{ МПа};$$

(5) $\sigma_{ic} = 1,2 \text{ МПа}$;

(6) $\sigma_H = 0,98 \text{ МПа} \ll \sigma_{\theta H}$.

Пример 3

Примем $\alpha = 80^\circ$, $l = 2,5 \text{ мм}$.

Вычисляем:

(1) $k_{nc} = 3,4$.

(2) Задаемся $\tau_{\phi c} = 0,18 \tau_{\theta c} = 0,108 \text{ МПа}$,

$$M = 0,108 \cdot 10^6 (3,4 \cdot \sin 80^\circ + 1) \frac{2\pi \cdot 0,1^2 \cdot 0,00172}{2} = 25,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

(3) $\gamma_{\phi c} = \frac{0,114}{3000} = 0,36 \cdot 10^{-4}$;

$$\Delta l = 0,25 \cdot 1,72 \cdot 0,36 \cdot 10^{-4} = 0,155 \cdot 10^{-4} \text{ мм};$$

$$\gamma_{xz} = 0,336 \cdot 10^{-4}, \quad \gamma_{yz\Sigma} = 2,28 \cdot 10^{-4};$$

(4) $\tau_{xz} = 0,1 \text{ МПа}$, $\tau_{yz\Sigma} = 0,685 \text{ МПа}$;

(5) $\sigma_{ic} = 1,2 \text{ МПа}$.

Пример 4

Рассмотрим намотанную оболочку, для которой такие механические и упругие свойства компонен-
тов композита:

связующее $\sigma_{(p)} = 125 \text{ МПа}$, $\sigma_{\theta c(сж)} = 134 \text{ МПа}$, $\tau_{\theta c} = 84 \text{ МПа}$, $G_c = 2,18 \text{ ГПа}$;

нить $\sigma_{\theta H} = 1000 \text{ МПа}$, $E_H = 60 \text{ ГПа}$, $\varepsilon_{\theta H} = 1,66 \%$.

Геометрические размеры нити и слоя: $a = 0,36 \text{ мм}$, $b = 0,27 \text{ мм}$, $F_H = 0,31 \text{ мм}^2$, $k = 0,16 \text{ мм}$, $h = 1,72 \text{ мм}$.

Результаты проведенных расчетов приведены в **таблице 1**.

Таблица 1

Результаты расчета деформаций и напряжений в слое композита

α	30°	45°	80°
$\tau_{\phi c}$, МПа	12,6	12	12,5
$\gamma_{\phi c}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$5,66 \cdot 10^{-3}$
γ_{xz}	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$20,9 \cdot 10^{-3}$	$5,35 \cdot 10^{-3}$
$\gamma_{yz\Sigma}$	$15,6 \cdot 10^{-3}$	$26,4 \cdot 10^{-3}$	$36,0 \cdot 10^{-3}$
τ_{xz} , МПа	58,7	45,6	11,6
$\tau_{yz\Sigma}$, МПа	46,4	57,5	78,5
σ_i , МПа	130	130	130
M , Н · м	430	700	375

Все вычисления проводились в рамках авторской вычислительной программы SAIS опробованной в работах [2,3].

На основе представленных примеров можно сделать такие выводы:

- 1) наибольший крутящий момент воспринимает оболочка при $\alpha = \pm 45^\circ$;

2) прочность намотанной цилиндрической оболочки при кручении определяется прочностными характеристиками связующего, в котором возникают большие касательные напряжения в плоскостях, нормальных к срединной поверхности оболочки; эти касательные напряжения должны обязательно учитываться, когда поток сил в композите не совпадает с направлениями армирования.

3) для ослабления влияния напряжений τ_{xz} и τ_{yz} на прочность связующего (а значит, и композита в целом) следует увеличивать отношение объема связующего к объему наполнителя в композите;

4) решая обратную задачу, можно определять модуль упругости нити по известным из эксперимента крутящему моменту и углу закручивания оболочки.

Библиографический список

1. Н. А. Берков, А. И. Архангельский, Т. А. Горишнова, М. В. Архангельская. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния перекрестно армированной цилиндрической оболочки при растяжении. // Системные технологии. — 2024. — № 4 (53). — С. 5–14.

2. Берков Н. А., Архангельский А. И., Горишнова Т. А., Архангельская М. В., Муханов С. А. Моделирование пластического разрушения цилиндрических сосудов с патрубком под действием внутреннего давления // Системные технологии. — 2023. — № 4 (49). — С. 45–53.

3. Берков Н. А., Архангельский А. И., Горишнова Т. А., Архангельская М. В. Прочностной анализ пересекающихся композитных оболочек вращения // Системные технологии. — 2022. — № 3 (44). — С. 169–175.

MATHEMATICAL MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A CROSS-REINFORCED CYLINDRICAL SHELL DURING TORSION

N. A. Berkov*

A. I. Arkhangelsky**

T. A. Gorshunova*

M. V. Arkhangelskaya***

* MIREA — Russian Technological University, Moscow

** Moscow Polytechnic University, Moscow

*** Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow

Abstract

For composite materials of a fibrous structure obtained in the manufacture of a composite shell by winding, a mathematical model of the composite shell is proposed, which makes it possible to evaluate the strength properties of the composite. The developed mathematical model is used to assess the strength of

The Keywords

Composite fibrous material, reinforcement, reinforced cylindrical shell, strength of the cylindrical shell.

a reinforced cylindrical shell loaded with an axial tensile force. This model will be refined in further studies for composites of various structures and properties of components.

Date of receipt in edition

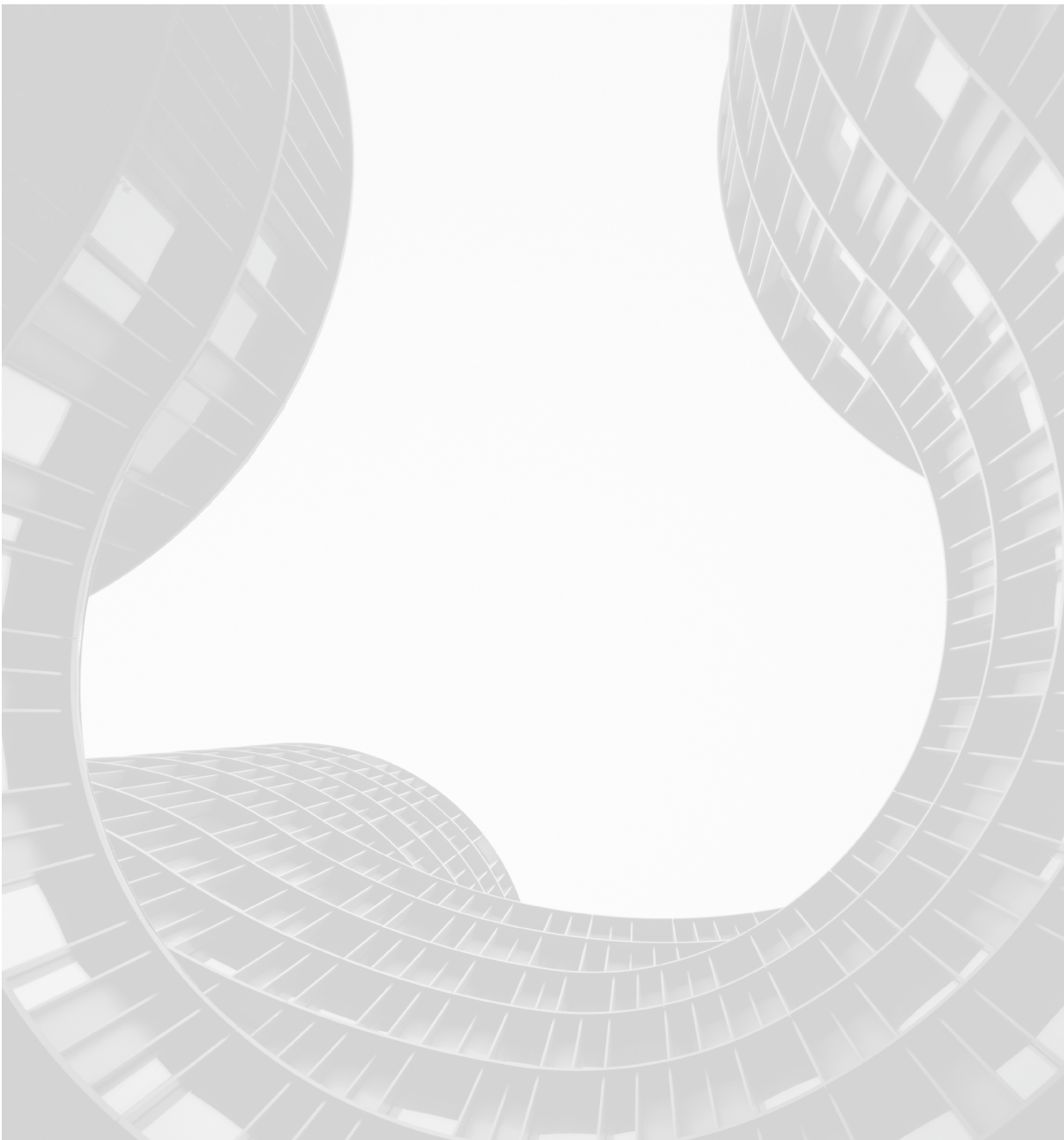
27.02.2025

Date of acceptance for printing

12.03.2025

Ссылка для цитирования:

Н. А. Берков, А. И. Архангельский, Т. А. Горшунова, М. В. Архангельская. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния перекрестно армированной цилиндрической оболочки при кручении. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 31 – 40.





УДК 628.33

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_41-51

ОЧИСТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАНАХ

А. С. Ильиных
Е. В. Мигалатий
Д. Сюй
Ц. Чжан

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Аннотация

В работе рассмотрены модифицированные полимерных ультрафильтрационные мембраны для разделения стабильной эмульсии (отработанной СОЖ металлургического предприятия) при различном давлении. Установлена величина среднего съема с поверхности мембраны, на практике определено критическое давление фильтрации для непрерывной масляной пленки на поверхности мембраны. В ходе исследования модифицированных мембран определена эффективность задержания нефтепродуктов, при давлении фильтрации не превышающим критическое значение. Определено оптимальное значение давления фильтрации. Модифицированные мембраны могут быть использованы, как один из перспективных методов, для удаления эмульгированных нефтепродуктов при обработке и доочистке сточных вод.

Ключевые слова

Ультрафильтрация, ультрафильтрационные капиллярные мембраны, модификация поверхности, гидрофилизация, разделение водонефтяных эмульсий, нефтесодержащие сточные воды, очистка сточных вод.

Дата поступления в редакцию
31.03.2025

Дата принятия к печати
12.04.2025

Введение

Ежегодно образуется большое количество нефтесодержащих сточных вод, подлежащих обработке для последующего повторного использования или сбросу в водоемы. Несмотря на повсеместное внедрение систем замкнутого оборотного водоснабжения (zero emission), технологий «нулевого» сброса (zero liquid discharge), нефтесодержащие стоки продолжают сбрасываться и накапливаются в поверхностных водоемах, создавая все большую угрозу для окружающей среды и здоровья людей.

Содержание дисперсной фазы эмульсии нефтепродуктов и различных масел в стоках может сильно варьироваться в зависимости от источника образования, и разделяется [1, 2, 5, 6, 8, 9, 10] на следующие типы: разбавленные или слабokonцентрированные (содержание дисперсной фазы менее 0,1%); концентрированные (содержание дисперсной фазы до 74%); высококонцентрированные (со-

держание дисперсной фазы свыше 74%). Также, эмульсии могут характеризоваться стабильностью, по размеру частиц дисперсной фазы выделяют [7]: ультрадисперсные (1 – 10 нм); высокодисперсные (10 нм – 1 мкм); грубодисперсные (1 – 100 мкм). Стабильными водонефтяными эмульсиями принято считать те, которые не разделяются на водную и нефтяную фазы, как минимум в течение четырех недель в лабораторных условиях.

Очистка сточных вод с наличием стабильных эмульсий является одной из самых энергоемких задач при обработке нефтесодержащих сточных вод. Существующие традиционные методы очистки, такие как флотация [13], гравитационное отстаивание, адсорбция [33] и центрифугирование [19], обладают рядом недостатков, включая низкую эффективность, высокое потребление энергии или большие эксплуатационные расходы. Данные методы очистки зачастую не обеспечивают необходимой степени удаления эмульгированных нефтепродуктов из сточных вод из-за высокой стабильности ультрадисперсных и высокодисперсных эмульсий. Поэтому разработка эффективных и экономичных технологий разделения водонефтяных эмульсий остается актуальной задачей.

В связи с вышесказанным разработка методов удаления нефтепродуктов из сточных вод для повторного использования, сброса в водоем, становится особенно актуальной. В этом отношении, мембранные технологии по-прежнему считаются одной из перспективных технологий разделения [16, 22, 26, 36] сточных вод благодаря преимуществам таким как высокая эффективность очистки, возможность масштабирования и относительно низкие эксплуатационные расходы.

Несмотря на ряд преимуществ технология мембранного разделения имеет существенный недостаток — образование необратимого загрязнения на поверхности мембраны, которое возникает в процессе фильтрации. Когда речь идет о разделении водонефтяных эмульсий, капли нефтепродуктов имеют тенденцию к адгезии, деформации и распределению на поверхности мембраны [30], что приводит к закупориванию пор и резкому снижению проницаемости, а также к нежелательному снижению потока и сокращению срока службы мембраны [17, 27, 39].

Эффективность процесса разделения на ультра/микрофильтрационных мембранах определяется свойствами мембранного материала и эмульсии. Например, поток пермеата сильно зависит от содержания нефтепродуктов, стабильности масляной фазы в воде и распределения капель масла по размерам [25, 39]. На сопротивление потоку пермеата [18, 39], влияют такие свойства мембраны как, размер и морфология пор, материал мембраны, геометрия мембраны.

В процессе фильтрации капли масла (нефтепродуктов) накапливаются на поверхности мембраны т. к. капли термодинамически нестабильны то имеют тенденцию к объединению [14]. В некоторых экспериментах было установлено, что объединение приводит к образованию более крупных нефтяных капель, которые препятствуют проникновению фильтрата [29], но могут удаляться обратным потоком воды при гидравлических промывках или тангенциальным потоком [28, 29].

Капли большего размера имеют более высокое критическое давление, поэтому они с меньшей вероятностью проникают через мембрану и с большей вероятностью удаляются обратным потоком воды (при промывке) (критический размер капель, за пределами которого капелька нефтепродукта может быть удалена поперечным потоком, был рассчитан на основе баланса сил на капле) [28]. В этом отношении укрупнение капель масла помогает уменьшить загрязнение мембраны.

Однако при высоком давлении на поверхность мембраны загрязненной нефтепродуктами может произойти смачивающий переход на мембрану, сопровождающийся значительным уменьшением углов контакта масла с водой [40]. Эти сжатые капли нефтепродуктов могут укрупняться и, следовательно, образовывать масляную пленку. Масляная пленка легче образуется на подводных олеофильных мембранах [29]. Подобная масляная пленка приводит к серьезному загрязнению мембраны. Капли нефтепродуктов, меньше размера пор мембраны или сравнимы с ними, могут попасть

в поры или быть продавлены в них потоком фильтруемого раствора. Это приводит к загрязнению внутри пор мембраны, а также к необратимому загрязнению мембраны [28, 29].

Результаты многих исследований за последние десятилетия показали, что изменение поверхностных свойств, таких как повышение гидрофильности и подводной олеофобности мембран является эффективным методом снижения образования необратимых загрязнений [31,38]. К настоящему времени изготовлено большое количество гидрофильных мембран с помощью различных методов, включающих нанесение поверхностного покрытия [34], прививку (in-situ) на поверхность [41], физическое смешивание [37] сегрегацию поверхности [21, 32, 35] и биоадгезию поверхности [11]. Достижимый результат увеличения гидрофильности модифицированных мембран обуславливается окислением большого количества катехоловых групп до хиноновых групп, посредством окислителя, которые образуют с поверхностью ультрафильтрационной мембраны как ковалентные, так и не ковалентные связи [12, 20, 24].

В данной работе уделено особое внимание определению величины критического давления фильтрации, для установления оптимальных параметров разделения. Разделение водонефтяной эмульсии при высоком трансмембранном давлении (давление разделения) способствует созданию условий, когда капли масла имеют бóльшую тенденцию к проникновению в поры мембраны и далее в фильтрат, что приводит к снижению эффективности задержания нефтепродуктов. С другой стороны, низкое трансмембранное давление ограничивает поток воды через мембрану.

Критическое давление для капли масла с $\theta = 90^\circ$ отрицательно [15, 23], и капля будет проникать в пору в отсутствие приложенного градиента давления. В этой связи требуется не допускать образования увеличения слоя нефтепродуктов на поверхности мембраны, во избежание создания условий, при которых капля будет проникать в пору в отсутствие приложенного градиента давления.

Методология

В данной работе рассматривали использование модифицированных полимерных мембран для разделения стабильной эмульсии при разном давлении с целью определить величину критического давления и оптимальных параметров разделения. Способ модификации мембраны с нанесением покрытия из Таниновой кислоты (Далее ТК) и окислением KMnO_4 описан в работе [3]. В качестве подложки нами была выбрана половолоконная ультрафильтрационная мембрана из PVDF из-за ее высокой механической прочности и химической стойкости. Проведение двухэтапной модификации мембраны PVDF, обеспечило увеличение противообрастающих свойств, а также привело к увеличению эффективности очистки, благодаря полученному гидрофильному слою на ее поверхности.

Материалы и методы

1. Подготовка и модификация PVDF мембран

Экспериментальные мембраны площадью 53 см^2 , были изготовлены самостоятельно, с использованием волокон ультрафильтрационных мембраны из PVDF (средний диаметр пор $0,06 \text{ мкм}$). Таниновая кислота ($\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$), перманганат калия (далее KMnO_4), буферный раствор $\text{pH} = 5,5$, буферный раствор $\text{pH} = 9,2$.

Мембраны вымачивались в дистиллированной воде для тщательного вымывания из пор остатков консервационных растворов, подготовленные мембраны погружались сначала в щелочной буферный раствор с заданным содержанием ТК на установленное время, а затем переносились в кислый буфер-

ный растворы, с различным содержанием окислителя KMnO_4 . Все проводимые эксперименты проводились при комнатной температуре.

Для разделение стабильной эмульсии металлургического предприятия в настоящей работе использовалась модифицированная мембрана, показавшая оптимальные технические характеристики [3].

2. Характеристика сточной жидкости

Обрабатываемый сток является отработанной смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ) одного из металлургического предприятия уральского региона. СОЖ образуются в механообрабатывающих цехах и содержат большое количество устойчиво эмульгированных нефтепродуктов, механические примеси, свободные масла, деструктурированные органические составляющие, образующиеся при разложении добавок серо-, хлор-, фосфор- и азотосодержащих органических соединений, а также присадки алкилфенольного типа.

3. Проведение мембранной фильтрации

Все эксперименты по разделению сточной жидкости (эмульсии) с нефтепродуктами проводили с использованием описанной выше мембраны. Режим фильтрации — тупиковый, при поддержании постоянного давления. Проведены 5 серий разделения при различном давлении 0,1; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 МПа. Длительность каждой серии составляла 4. часа. При этом продолжительность цикла фильтрации составляла 5 минут, после чего проводили обратную гидравлическую промывку полученной фильтрованной водой с заданной интенсивностью. Длительность обратной промывки 10 секунд.

4. Ход работы

Для каждой серии эксперимента, модельный раствор заливали в резервуар исходной воды, подготовленную мембрану помещали в установку, запускали насос для поддержания заданного давления. Фильтрат после мембраны отбирали для определения проницаемости и эффективности разделения. Воду для промывки забирали из емкости с промывной водой и подавали насосом в тупиковую фильтровальную ячейку. Загрязненную промывную воду отводили в отдельную емкость. Объем отфильтрованного стока и количество загрязненной промывной воды измеряли после каждого цикла фильтрации.

5. Эффективность разделения модельных растворов на модифицированных мембранах

Величины содержания нефтепродуктов были получены из результатов пяти измерений для каждого образца. Поток фильтрата (J) в $(\text{л}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2))$ и эффективность удаления нефтепродуктов (R) в % рассчитывали по следующим формулам:

$$J = \frac{V}{\Delta t \cdot A}, \quad (1)$$

где V — объем исходного раствора, л;

Δt — время фильтрации, ч;

A — площадь поверхности мембраны, м^2 ;

$$R = \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где C_1 — содержание нефтепродуктов в исходном стоке, мг/л ;

C_2 — содержание масла в фильтрате, мг/л.

Величина критического давления P_{crit} , для непрерывной масляной пленки на поверхности мембраны с круглыми порами определяется по формуле:

$$P_{crit} = \frac{2\sigma \cdot \cos\theta}{r_p}, \quad (3)$$

где σ — коэффициент поверхностного натяжения между нефтью и водой;

θ — угол контакта поверхности раздела каплей нефти и воды на поверхности мембраны, погруженной в воду;

r_p — радиус пор мембраны [23]. Критическое давление в уравнении (3) определяется давлением Юнга-Лапласа, обусловленным кривизной границы раздела нефть-вода внутри поры.

Результаты

В ходе работы исследовали динамику проникновения нефтепродуктов через поры при различном давлении. Изменение величины среднего съема с поверхности мембраны рассчитывали по формуле (1), а также определяли эффективность задержания нефтепродуктов на поверхности мембраны, при различном давлении разделения.

Критическое давление, полученное в результате реального исследования, сравнивали с теоретическим значением, полученным из уравнения (3), чтобы подтвердить правильность расчетного метода. Величина критического давления может быть определена расчетным методом, и в данном случае P_{crit} более 0,33 МПа.

Динамика изменения величины среднего съема с поверхности мембраны и содержания нефтепродуктов в фильтрате представлены на *рисунке 1*.

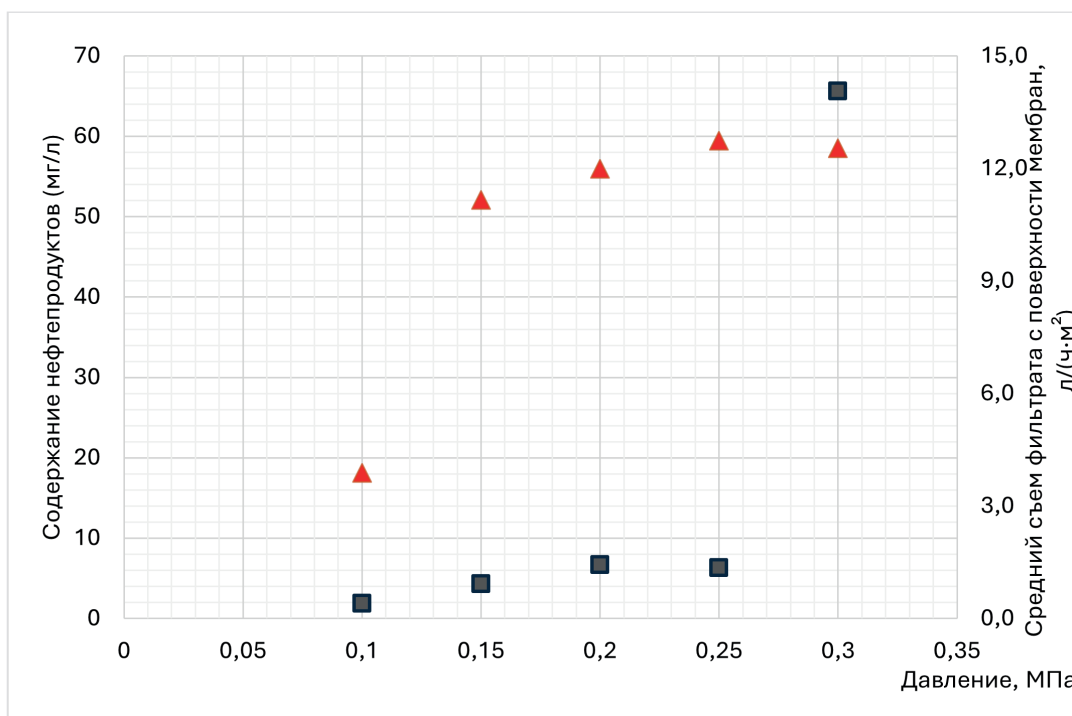


Рис. 1. Динамика изменения величины среднего съема с поверхности мембраны и содержания нефтепродуктов в фильтрате

Минимальное давление необходимое для создания потока составило порядка 0,05 МПа. Процесс фильтрации не протекает если приложенное давление ниже указанного значения, ввиду образования дополнительного сопротивления на мембране. Наибольший прирост величины съема с 3,9 до 11,25 л/(ч·м²) наблюдали при увеличении давления с 0,10 до 0,15 МПа. В то время как при давлении от 0,15 до 0,3 МПа зафиксировали незначительное увеличение среднего съема с 11,2 до 12,5 л/(ч·м²). Значение среднего съема существенного не изменилось, при увеличении давления.

Давление разделения 0,2 МПа может считаться наиболее оптимальным, а дальнейшее его увеличение, не приводит к увеличению потока через мембрану вследствие возрастания сопротивления пограничного слоя, что соответствует достижению предельного потока. Данный фактор, связанный с образованием пограничных слоев, является весьма значимым при определении оптимальной производительности мембраны.

Результаты анализа на наличие нефтепродуктов в фильтрате показывают, что для серий экспериментов с давлением фильтрации менее <0,25 МПа, содержание нефтепродуктов не превышало 7 мг/л; тогда как для серии экспериментов с давлением 0,30 МПа их содержание существенно возросло до величины более чем 60 мг/л, при исходном содержании нефтепродуктов порядка 300 мг/л.

Такое резкое возрастание нефтепродуктов в фильтрате произошло при увеличении прилагаемого давления с 0,25 до 0,30 МПа и может объясняться тем, что давление фильтрации достигает критической отметки P_{crit} в указанном диапазоне. При достижении P_{crit} «масляная» пленка, образованная на поверхности мембраны, проникает через ее поры более интенсивно, за счет чего и происходит резкое увеличение количества нефтепродуктов в фильтрате. Фактическая величина критического давления, полученная экспериментально, немного ниже расчетного теоретического значения (0,33 МПа).

Отмечено, что при различном давлении фильтрации, до достижения критического значения, модифицированная мембрана обладает высокой эффективностью задержания нефтепродуктов до 98%, как показано на **рисунке 2**. При давлении фильтрации превышающим критическое значение эффективность задержания нефтепродуктов снижается, составляет менее 78%.

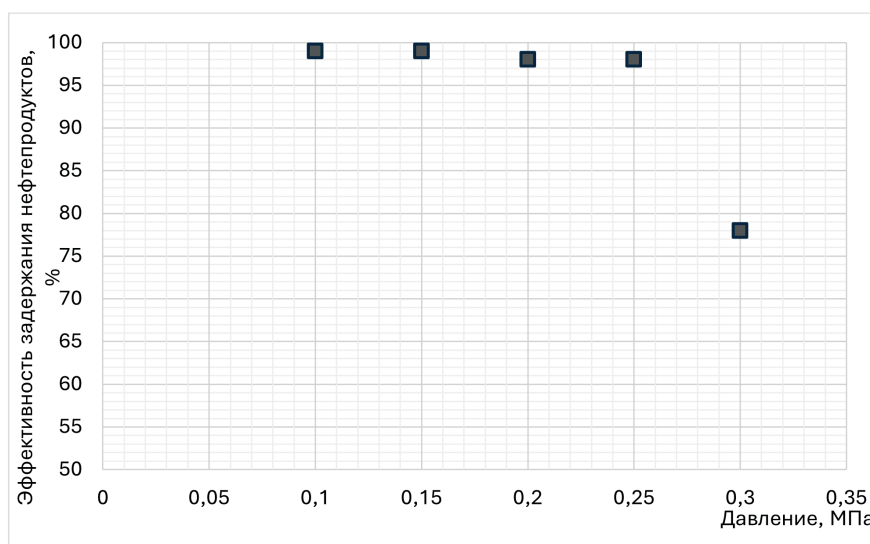


Рис. 2. Эффективность задержания нефтепродуктов

С точки зрения эффективности задержания нефтепродуктов оптимальными давлением разделения может считаться любое его значение ниже критической отметки, т. е. менее <0,25 МПа. Но с учетом производительности мембраны, оптимальной величиной давления считаем 0,2 МПа.

Следует отметить, что при использовании не модифицированной мембраны поток фильтрата не наблюдался, вероятно, из-за образования необратимого загрязнения на мембране, которое возникает в процессе фильтрации при взаимодействии загрязняющих веществ и гидрофобного материала мембраны. Образованные загрязнения препятствуют прохождению воды через поры мембраны. Производительность же модифицированной мембраны в ходе эксперимента снижалась незначительно и с помощью процесса обратной гидравлической промывки восстанавливалась практически до первоначального значения

Как упоминалось ранее, модифицированная ультрафильтрационной мембрана обладает гидратированным слоем, образованным гидроксильными группами на ее поверхности, что способствует удержанию молекул воды в поверхностном слое и приводит к значительному снижению адгезии нефтепродуктов. Мы считаем, что именно гидрофилизация мембраны посредством ее модификации обеспечивает низкий уровень образования необратимого загрязнения и высокую эффективность задержания нефтепродуктов.

Вывод

В данной работе рассмотрены результаты применения модифицированных полимерных ультрафильтрационных мембран для разделения стабильной эмульсии при разном давлении. Установлена величина среднего съема с поверхности мембраны, которая составила $11,2 \div 12,5$ л/(ч · м²), при давлении от 0,15 до 0,3 МПа. На практике определено критическое давление фильтрации для непрерывной масляной пленки на поверхности мембраны, которое находится в диапазоне $0,25 \div 0,30$ МПа. Фактическая величина критического давления немного ниже расчетного теоретического значения. Исследуемая модифицированная мембрана показала высокую эффективность задержания нефтепродуктов до 98%, при давлении фильтрации не превышающим критическое значение. При увеличении давления фильтрации эффективность задержания нефтепродуктов снизилась до 78%. Давление разделения 0,2 МПа может считаться оптимальным, дальнейшее его увеличение, не приводит к увеличению потока через мембрану вследствие возрастания сопротивления пограничного слоя. Модифицированные мембраны могут быть использованы, как один из перспективных методов, для удаления эмульгированных нефтепродуктов при обработке и доочистке сточных вод. Для дальнейшего полномасштабного применения модифицированных ультрафильтрационных мембран на промышленных объектах необходимы дополнительные исследования, направленные на определение оптимальных параметров реагентной обработки сточной жидкости, а также параметров промывки мембран.

Библиографический список

1. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий — М.: Химия, 1964. — 574 с.
2. Захарченко В. Н. Коллоидная химия / В. Н. Захарченко — М.: Высш. шк., 1989. — 240 с.
3. Ильиных А. С., Мигалатий Е. В., Корнеев А. В. Разделение водонефтяных эмульсий на поверхностно-модифицированных капиллярных ультрафильтрационных мембранах // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. Вып. 8. С. 1356–1364. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.8.1356-1364
4. Колесников В. П., Вильсон Е. В. Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных вооружениях: Под редакцией Академика ЖКХ РФ В. К. Гордеева-Гаврикова. — Ростов-на Дону: «Издательство “ЮГ”», 2005. — 212 с.

5. Лутошкин Г. С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: Учебник для вузов / Г. С. Лутошкин — 3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979 г. — М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. — 319 с.
6. Позднышев Г. Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсий / Г. Н. Позднышев — М.: Недра, 1982. — 221 с.
7. Сумм Б. Д. Основы коллоидной химии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б. Д. Сумм — 2-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 240 с.
8. Тронов В. П. Промысловая подготовка нефти / В. П. Тронов — Казань, «Фэн», 2000. — 416 с.
9. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии: Учебник / Д. А. Фридрихсберг — 4-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2010. — 416 с.
10. Шукин Е. Д. Коллоидная химия: учебник для бакалавров / Е. Д. Шукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина — 7-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2014. — 444 с.
11. Y. H. Abuhasheesh, H. M. Hegab, V. S. Wadi, F. Marzooqi, F. Banat, I. H. Aljundi, S. W. Hasan. Phase inverted hydrophobic polyethersulfone/iron oxide-oleylamine ultrafiltration membranes for efficient water-in-oil emulsion separation, *Chemosphere*, Vol. 337, October 2023, 139431. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139431>
12. N. A. Ahmad, C. P. Leo, A. L. Ahmad, W. K. W. Ramli, Membranes with great hydrophobicity: a review on preparation and characterization, *Sep. Purif. Rev.* 44 (2015) 109 – 134.
13. K. Bensadok, M. Belkacem, G. Nezzal. Treatment of cutting oil/water emulsion by coupling coagulation and dissolved air flotation, *Desalination* 206 (2007) 440 – 448. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.02.070>
14. H.-J. Butt, K. Graf, M. Kappl. *Physics and chemistry of interfaces*. 2nd ed. Berlin: Wiley-VCH; 2006.
15. I. W. Cumming, R. G. Holdich, I. D. Smith, *J. Membr. Sci.* 169 (2000) 147.
16. Y. Deng, G. Zhang, R. Bai, S. Shen, X. Zhou, I. Wyman. Fabrication of superhydrophilic and underwater superoleophobic membranes via an in situ crosslinking blend strategy for highly efficient oil/water emulsion separation, *J. Membr. Sci.* 569 (2019) 60 – 70. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.09.069>
17. T. El-badawy, M. H. D. Othman, T. Matsuura, M. R. Bilad, M. R. Adam, Z. S. Tai, J. Ravi, A. F. Ismail, M. A. Rahman, J. Jaafar, J. Usman, T. A. Kurniawan. Progress in treatment of oilfield produced water using membrane distillation and potentials for beneficial reuse, *Separation and Purification Technology*, Vol. 278, 1 December 2021, 119494. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119494>
18. N. Kana, S. Olivier-Archambaud, T. Devic, B. Lestriez. Tannic acid as a binder and electronic conductor precursor in silicon electrodes for Li-ion batteries, *Electrochemistry Communications*, Vol. 151, June 2023, 107495 <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2023.107495>
19. T. Krebs, C.G.P.H. Schroën, R.M. Boom. Separation kinetics of an oil-in-water emulsion under enhanced gravity, *Chem. Eng. Sci.* 71 (2012) 118 – 125. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2011.10.057>
20. S. Liu, Z. Zhou, S. Zhou, J. Cui, Q. Wang, Y. Zhang, J. Lang, Y. Yan, Fabrication of acrylamide decorated superhydrophilic and underwater superoleophobic poly (vinylidene fluoride) membranes for oil/water emulsion separation, *J. Taiwan Inst. Chem. E.* 95 (2019) 300 – 307.
21. J. Meng, J. Zhang, X. Shen, J. Xie, Q. Liao, F. He, J. Zhao, Z. Wang. Bio-inspired surface engineering of hydrophobic membranes with nano-structured hydrogel toward viscous oil-in-water emulsion separation, *Chemical Engineering Journal*, Volume 473, 1 October 2023, 145519. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.145519>

22. N. Nasrollahi, L. Ghalamchi, V. Vatanpour, A. Khataee, M. Yousefpour. Novel polymeric additives in the preparation and modification of polymeric membranes: A comprehensive review, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 109 (2022), 100 – 124. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2022.02.036>
23. F. F. Nazzal, M. R. Wiesner, *Water Environ. Res.* 68 (1996) 1187.
24. M. A. Pantoja-Castro, H. González-Rodríguez, Study by infrared spectroscopy and thermogravimetric analysis of Tannins and Tannic acid, *Rev. Latinoam. Quím.* 39 (2011) 107 – 112.
25. T. S. Sileika, D. G. Barrett, R. Zhang, K. H. A. Lau, P. B. Messersmith. Colorless Multifunctional Coatings Inspired by Polyphenols Found in Tea, Chocolate, and Wine, *Angewandte Chemie International Edition* Volume 52, Issue 41 p. 10766 – 10770. <https://doi.org/10.1002/anie.201304922>
26. Y. Sun, Y. Lin, L. Fang, L. Zhang, L. Cheng, T. Yoshioka, H. Matsuyama. Facile development of poly(tetrafluoride ethylene-r-vinylpyrrolidone) modified PVDF membrane with comprehensive antifouling property for highly-efficient challenging oil-in-water emulsions separation, *J. Membr. Sci.* 584 (2019) 161 – 172. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.04.071>
27. H. J. Tanudjaja, A. Anantharaman, A. Q. Q. Ng, Y. Ma, M. B. Tanis-Kanbur, A. L. Zydney, J. W. Chew. A review of membrane fouling by proteins in ultrafiltration and microfiltration, *Journal of Water Process Engineering*, Vol 50 (2022), 103294. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.103294>
28. E. N. Tummons, V. V. Tarabara, J. W. Chew, A. G. Fane. Behavior of oil droplets at the membrane surface during crossflow microfiltration of oil-water emulsions. *J. Membr. Sci.* 2016; 500: 211 – 24.
29. E. N. Tummons, J. W. Chew, A. G. Fane, V. V. Tarabara. Ultrafiltration of saline oil-in-water emulsions stabilized by an anionic surfactant: effect of surfactant concentration and divalent counterions. *J. Membr.Sci.* 2017; 537: 384 – 95.
30. K. Valizadeh, A. Heydarinasab, S. S. Hosseini, S. Bazgir. Preparation of modified membrane of polyvinylidene fluoride (PVDF) and evaluation of anti-fouling features and high capability in water/oil emulsion separation, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, Vol. 126, September 2021, Pages 36 – 49. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2021.07.018>
31. Z. Wang, G. Feng, Z. Yan, S. Li, M. Xu, C. Wang, Y. Li. Improving the hydrophilicity and antifouling performance of PVDF membranes via PEI amination and further poly (methyl vinyl ether-alt-maleic anhydride) modification, *Reactive and Functional Polymers*, Vol. 189, August 2023, 105610. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2023.105610>
32. D. Wang, Y. Gao, S. Gao, H. Huang, F. Min, Y. Li, S. Seeger, J. Jin, Z. Chu. Antifouling superhydrophilic porous glass membrane based on sulfobetaine prepared by thiol–ene click chemistry for high-efficiency oil/water separation, *Journal of Membrane Science*, Vol. 670, 15 March 2023, 121336. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2022.121336>
33. L. Wang, J. Zhang, S. Wang, J. Yu, W. Hu, F. Jiao. Preparation of a polystyrene-based super-hydrophilic mesh and evaluation of its oil/water separation performance, *J. Membr. Sci.* 597 (2020), 117747. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.117747>
34. C. Wei, F. Dai, L. Lin, Z. An, Y. He, X. Chen, L. Chen, Y. Zhao. Simplified and robust adhesive-free superhydrophobic SiO₂-decorated PVDF membranes for efficient oil/ water separation, *J. Membr. Sci.* 555 (2018) 220 – 228. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.03.058>
35. J. Xu, Q. Xiong, Q. Liu, Y. Jiang, X. Yue, D. Yang, T. Zhang, F. Qiu. Sustainable recycling of waste poly

(vinylidene fluoride) and rational design of Janus membrane with superhydrophilic/hydrophobic asymmetric wettability for efficient separation of surfactant-stabilized water-in-oil and oil-in-water emulsions, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 684, 5 March 2024, 133237. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.133237>

36. C. Xu, F. Yan, M. Wang, H. Yan, Z. Cui, J. Li, B. He. Fabrication of hyperbranched polyether demulsifier modified PVDF membrane for demulsification and separation of oil-in-water emulsion, *J. Membr. Sci.* 602 (2020), 117974.

37. L. Yan, S. Hong, M. L. Li, Y. S. Li. Application of the Al₂O₃-PVDF nanocomposite tubular ultra-filtration (UF) membrane for oily wastewater treatment and its antifouling research, *Sep. Purif. Technol.* 66 (2009) 347 – 352. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2008.12.015>

38. X. Zhang, F. He, Z. Yang, M. Xie, H. Ren, D. Wu, J. Xu, C. Luo, L. Bai. Engineering polyamide nanofiltration membrane with bifunctional terpolymer brushes for antifouling and antimicrobial properties, *Desalination*, Vol. 558, 15 July 2023, 116642. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.116642>

39. Q. Zhou, Pin Zhao, R. Xu, Z. Wang, W. Song, X. Wang. Porous graphene oxide surface-coated thin-film composite membrane for simultaneously increasing permeation performance and organic-fouling migration capacities, *Journal of Membrane Science*, Vol. 661, 5 November (2022), 120942. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2022.120942>

40. X. Zhu, A. Dudchenko, X. Gu, D. Jassby. Surfactant-stabilized oil separation from water using ultrafiltration and nanofiltration. *J. Membr. Sci.* 2017; 529: 159 – 69.

41. Y. Zhu, J. Wang, F. Zhang, S. Gao, A. Wang, W. Fang, J. Jin. Zwitterionic Nanohydrogel Grafted PVDF Membranes with Comprehensive Antifouling Property and Superior Cycle Stability for Oil-in-Water Emulsion Separation, *Adv. Funct. Mater.* 28 (2018) 1804121. <https://doi.org/10.1002/adfm.201804121>

INNOVATIVE APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF NEW GENERATION BUILDING MATERIALS

A. S. Ilyinykh

E. V. Migalatii

D Xu

J. Zhang

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg

Abstract

In the paper modified polymer ultrafiltration membranes for separation of stable emulsion (spent coolant of metallurgical plant) at different pressures are considered. The value of the average removal from the membrane surface was established, and the critical filtration pressure for continuous oil film on

The Keywords

Ultrafiltration, ultrafiltration capillary membranes, surface modification, hydrophilization, separation of oil-water emulsions,

the membrane surface was determined in practice. In the course of research of modified membranes the efficiency of oil products detention is determined, at filtration pressure not exceeding the critical value. The optimum value of filtration pressure was determined. Modified membranes can be used as one of the promising methods for removal of emulsified oil products in wastewater treatment and aftertreatment.

*oil-containing wastewater,
wastewater treatment.*

Date of receipt in edition

31.03.2025

Date of acceptance for printing

12.04.2025

Ссылка для цитирования:

А. С. Ильиных, Е. В. Мигалатий, Д. Сюй, Ц. Чжан. Очистка нефтесодержащих сточных вод с применением поверхностно-модифицированных капиллярных ультрафильтрационных мембранах. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 41 – 51.





УДК 624.01

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_52-59

УТОЧНЕННЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЯННОЙ ФЕРМЫ ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

М. В. Мозголов

В. В. Костюков

Д. Г. Омелянчук

Коломенский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», г. Коломна

Аннотация

Статья посвящена изучению напряженно-деформированного состояния треугольной деревянной фермы пролетом 11,75 м, конструкция которой представлена в учебных пособиях. Ферма имеет ряд особенностей: строительный подъем, неразрезные участки верхнего пояса и расцентровку подкосов относительно узла нижнего пояса. Данные особенности в силу усложнения аналитического расчета в докомпьютерный период прочностного анализа проектировщиками, как правило, не учитывались. В связи с широким внедрением компьютерных расчетов, основанных на конечно-элементном анализе, стало возможным выполнить расчет строительной системы без упрощений. Стержневая модель конструкции выполнена в вычислительном комплексе SCAD.

Расчет при помощи метода конечных элементов, учитывающий конструктивные особенности фермы, показал увеличение продольной силы в стержнях по сравнению с данными, определенными аналитически. Максимальное увеличение оказалось в подкосах и составляет 24%. Компьютерный расчет позволил выявить интересную «игру сил», заключающуюся в том, что при поднятии подкосов вверх по оси бабки, продольное усилие в ее нижней части практически пропадает, что упрощает конструирование нагельного соединения нижнего центрального узла фермы. При таком конструктивном решении нижняя часть бабки выполняет роль подвески, уменьшающей гибкость нижнего пояса фермы.

Ключевые слова

Деревянная ферма, подкосы, бабка, продольные усилия, статическая неопределимость, конечно-элементная модель, шарнир.

Дата поступления в редакцию

27.02.2025

Дата принятия к печати

12.03.2025

В учебниках по строительному черчению представлен чертеж плоской треугольной деревянной фермы со спецификацией пиломатериала для ее изготовления (*рис. 1*) [1, 2]. Конструкция фермы имеет три особенности: два неразрезных участка верхнего пояса, расцентровку осей подкосов относительно узла нижнего пояса и наличие строительного подъема.

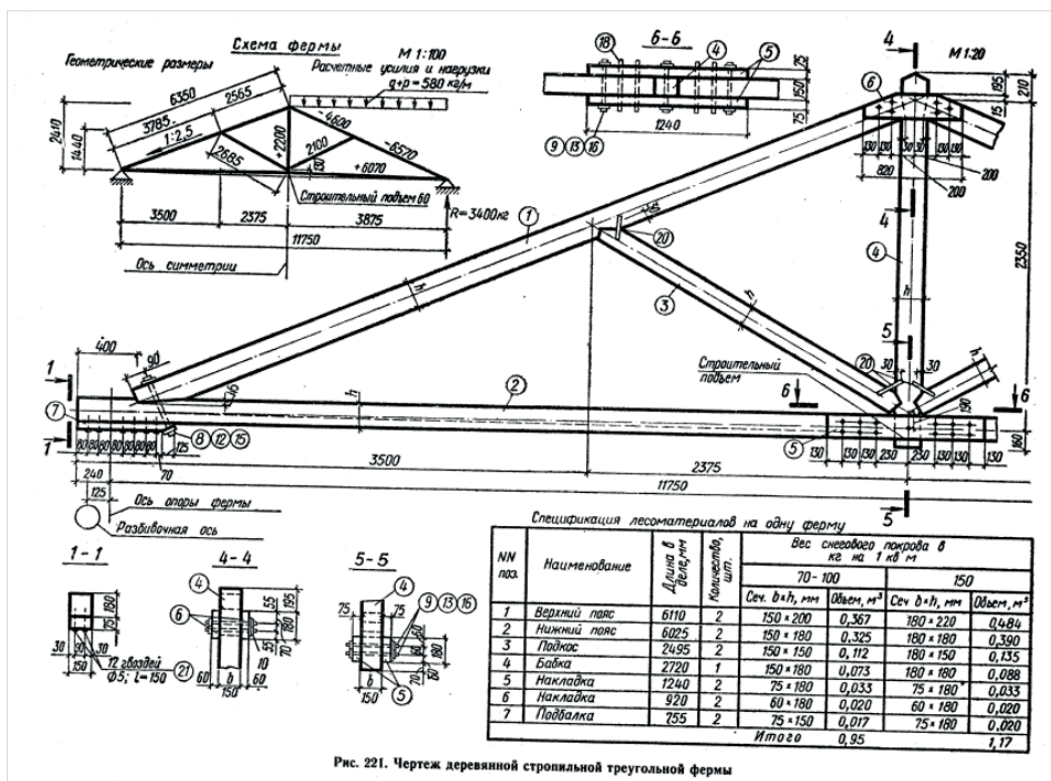


Рис. 221. Чертеж деревянной стропильной треугольной фермы

Рис. 1. Конструкция деревянной фермы и ее расчетная схема [1, 2]

Как мы видим на **рисунке 1** скатные участки верхнего пояса фермы неразрезные с лобовой врубкой для прикрепления подкоса. Погонная равномерно-распределенная нагрузка дана для горизонтальной проекции, состоит из собственного веса фермы с покрытием и временной снеговой нагрузки $q + p = 580$ кг/м. На расчетной схеме конструкции представлены продольные усилия в элементах, а также значение вертикальной опорной реакции. Так как нагрузка к ферме прикладывается равномерно-распределенной, в верхнем поясе кроме продольной силы, возникнет изгибающий момент, о котором информация отсутствует. По причине подъема подкосов вдоль бабки, в расчетной схеме бабка будет состоять из двух элементов. Информации о значении продольного усилия в нижней части бабки не представлено. Возможно, предполагается, что оно одинаковое по всей длине элемента. В докомпьютерный период усилия в стержнях ферм находили при помощи следующих способов: графическим при помощи построения диаграммы Максвелла – Кремоны; методом сечений, в зависимости от проведенного сечения, подразделяющийся на способ вырезания узлов, способ проекций и способ моментной точки. Для сложных ферм применялся способ замены стержней. Все эти способы предполагают наличие шарнира в узлах [3–6]. Узловые шарниры ликвидируют внутреннюю статическую неопределенность конструкции. Во многих случаях это обосновано гибкостью стержней, не воспринимающих изгибающий момент, приложением нагрузки в узлы [7, с. 340], а также конструктивными особенностями узлов деревянных ферм. В связи с появлением компьютерных расчетов, основанных на методе конечных элементов, проблема упрощения расчетных схем значительно сузила свои рамки, но полностью не исчезла. На обоснованность шарнирно-стержневых моделей нужно обращать серьезное внимание, особенно, когда в программном комплексе подбираются сечения элементов [7, с. 341]. Компьютерный расчет позволяет учесть многие особенности строительной системы, не учитываемые при «ручном» анализе [7–12].

Цель работы

Целью работы является выяснение влияния конструктивных особенностей деревянной фермы, имеющей строительный подъем, состоящей из неразрезных участков верхнего пояса и расцентрованных подкосов, на напряженно-деформированное состояние конструкции, не учитываемые при аналитическом методе расчета.

Методы исследования

Сравниваются продольные усилия в стержнях фермы, найденные при помощи компьютерного расчета в вычислительном комплексе SCAD с усилиями, представленными на расчетной схеме в учебниках.

Основная часть

Выполним анализ конструкции по правилам строительной механики. Так как ферма состоит из треугольников, образующих диски, она является геометрически-неизменяемой системой. Разберемся со статической определимостью конструкции. Статическая неопределимость может быть внутренней и внешней. Под внешней неопределимостью подразумеваются условия опирания на нижерасположенные несущие конструкции. На расчетной схеме мы видим две одинаковые опоры, представляющие собой неподвижные шарниры. По всей вероятности, в учебниках допущена неточность. Деревянные фермы принято рассчитывать, опирающимися на неподвижный и подвижный шарниры. Шарнирами являются опорные брусья, допускающие поворот узлов и продольное перемещение. На схеме представлена вертикальная опорная реакция $R = 3400$ кг, горизонтальное усилие в опоре не указано. Рассматриваемая ферма является простейшей [6, с. 269].

Изучив элементы и узлы фермы можно сделать вывод, что скатные стропила верхнего пояса являются неразрезными с промежуточной опорой, которой является подкос. Вследствие этого, верхний пояс способен воспринимать как нижний, так и верхний изгибающий момент, действующий над промежуточной опорой. Момент будет возникать от действия погонной равномерно-распределенной нагрузки, приложенной к верхнему поясу фермы. Прогонны покрытия в узлах на чертеже отсутствуют. Остальные элементы фермы соединяются между собой шарнирно. Определим степень статической неопределимости конструкции или число лишних связей (Π) при граничных условиях, являющихся статически определимыми [4, с. 22]. Для объяснения данного анализа на **рисунке 2** представлена расчетная схема фермы с точки зрения строительной механики.

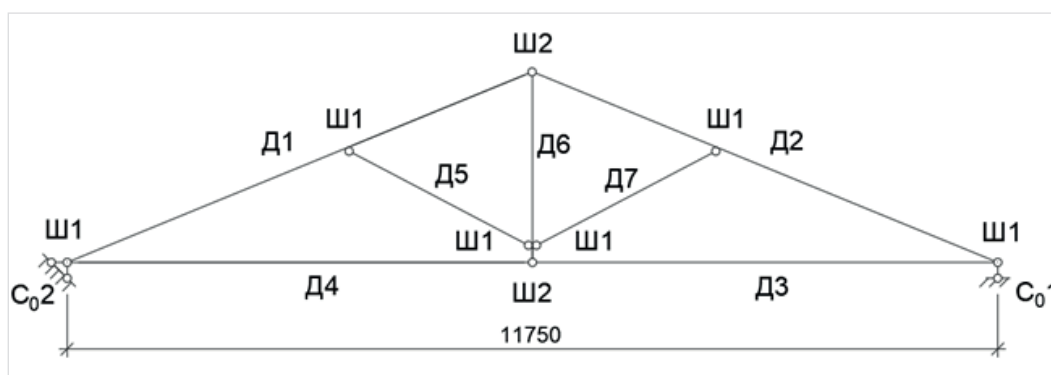


Рис. 2. Расчетная схема фермы для анализа статической неопределимости

$$Л = -W = C_0 + 2Ш - 3Д + 3К, \quad (1)$$

где:

W — степень свободы;

C_0 — число опорных стержней;

$Ш$ — число простых (приведенных) шарниров;

$Д$ — число дисков;

$К$ — количество замкнутых бесшарнирных контуров.

$$Л = 3 + 2 \times 10 - 3 \times 7 + 3 \times 0 = 2. \quad (2)$$

Так как нагрузка на конструкцию представлена горизонтальной проекцией, а при расчете на компьютере в вычислительном комплексе SCAD погонная равномерно-распределенная нагрузка прикладывается на скатную стропильную систему, это необходимо учесть.

Угол наклона верхнего пояса:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{2410}{5875} = 22,304 \text{ (} 22^\circ 18' 15'' \text{)}. \quad (3)$$

Вертикальная нагрузка на верхний пояс фермы составит:

$$q_{\phi} = (q + p) \times \cos 22,304 = 580 \times 0,925 = 536,6 \text{ кг/м}. \quad (4)$$

Расчетная схема фермы BK SCAD представлена на **рисунке 3**. Известно, что компьютерные расчеты, основанные на методе конечных элементов, могут давать ошибочный результат [7, 8, 13 – 15]. При выполнении численного эксперимента сходимость данных компьютерного расчета обеспечивается использованием стержневых конечных элементов 2-го типа библиотеки программного комплекса SCAD, как наиболее точных с математической точки зрения МКЭ [7, с. 174]. Тип схемы — плоская рама. На **рисунке 1** представлены данные для чертежа фермы в двух вариантах, отличие которых заключается в поперечном сечении элементов конструкции, то есть их жесткостей. Известно, что при расчете по методу конечных элементов без жесткостей не обойтись. Соотношение жесткостей элементов влияет на напряженно-деформированное состояние конструкции, поэтому, для полноты численного эксперимента анализируем две модели с разными жесткостными характеристиками.

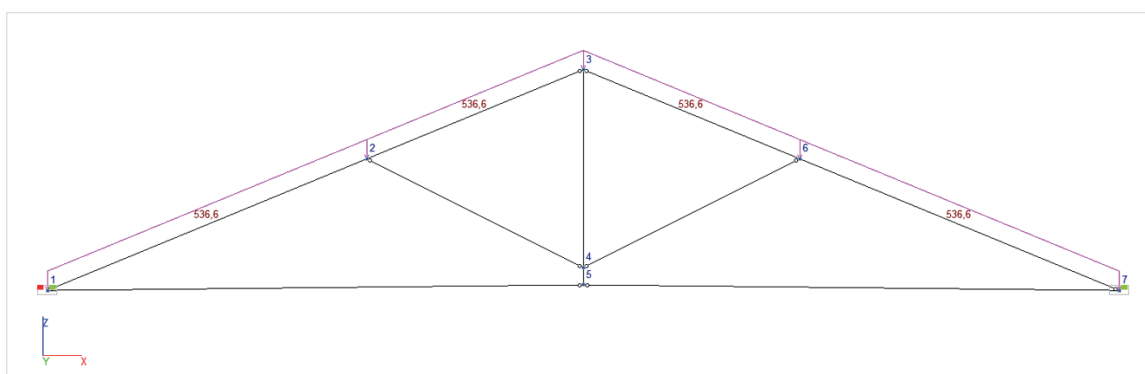


Рис. 3. Расчетная схема фермы BK SCAD

Результаты

Результаты компьютерного расчета в вычислительном комплексе SCAD представлены на **рисунках 4–7**, а также в **таблице 1**.

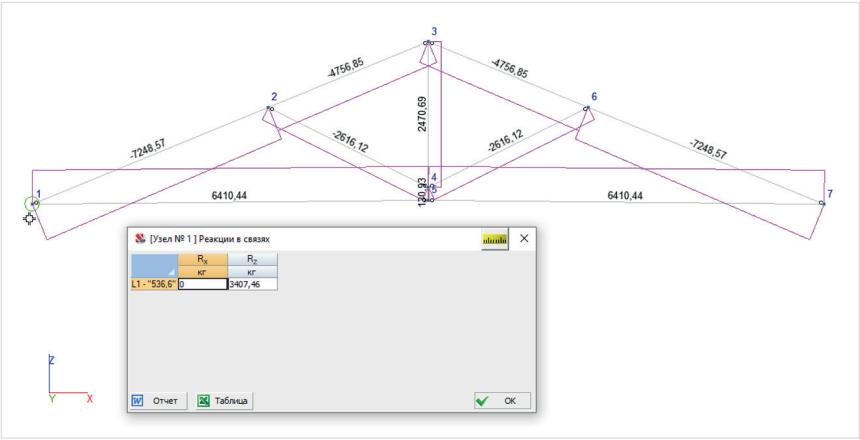


Рис. 4. Модель 1. Эпюра продольных сил N , кг и реакции в опорных узлах

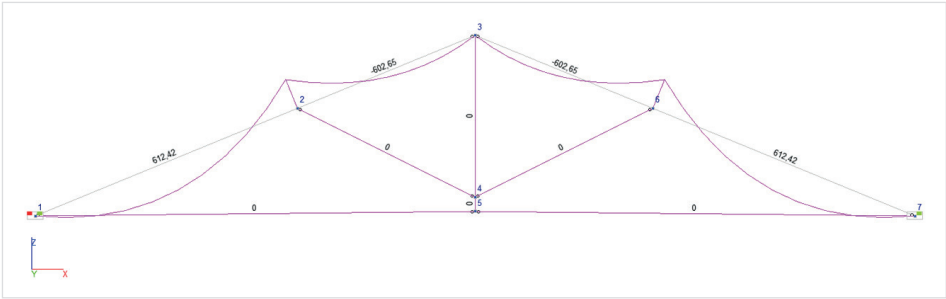


Рис. 5. Модель 1. Эпюра изгибающих моментов M_y , кгм

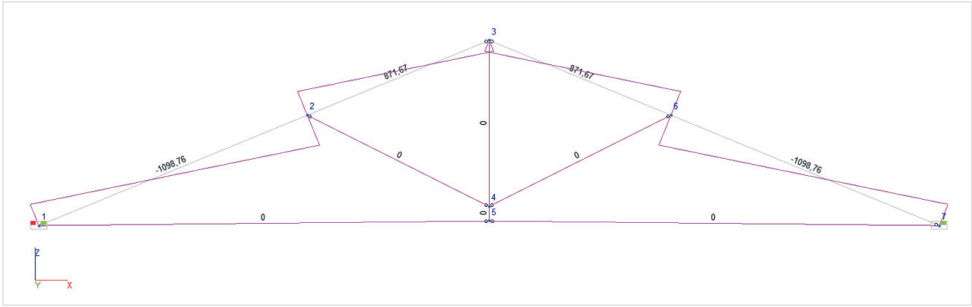


Рис. 6. Модель 1. Эпюра поперечных сил Q_z , кг

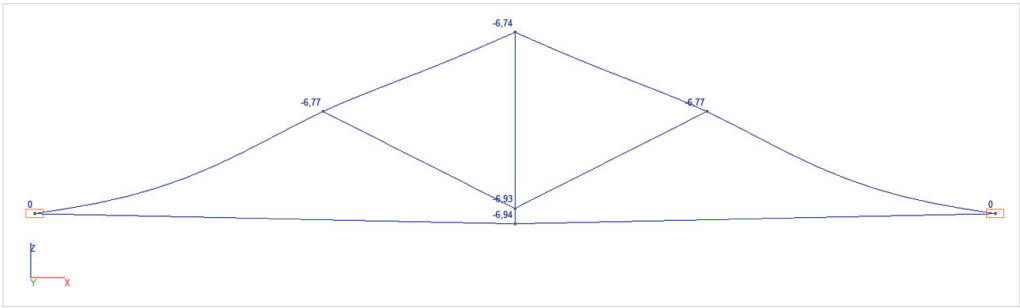


Рис. 7. Модель 1. Деформированная конструкция, вертикальные перемещения узлов, мм

Таблица 1

Усилия в стержнях фермы

Номер элемента	Продольные усилия в элементах фермы N, кг		
	Учебник	Модель 1 BK SCAD	Модель 2 BK SCAD
1-2; 6-7	-6570 (100%)	-7248,57 (110,3%)	-7230,94 (110,1%)
2-3; 3-6	-4600 (100%)	-4756,85 (103,4%)	-4754,4 (103,4%)
1-5; 5-7	6070 (100%)	6410,44 (105,6%)	6391,47 (105,3%)
2-4; 4-6	-2100 (100%)	-2616,12 (124,6%)	-2593,04 (123,5%)
3-4	2200 (100%)	2470,69 (112,3%)	2449,67 (111,4%)
4-5	-	130,93	130,54

При сравнении продольных усилий компьютерных моделей с усилиями, представленными в учебниках, продольные силы увеличены, особенно это касается подкосов (+24 %). Это может быть связано с тем, что расчет на компьютере при помощи метода конечных элементов учитывает жесткость строительной системы, ее фактическую геометрию, заключающуюся в расцентровке подкосов и наличие строительного подъема. В литературе, посвященной расчету деревянных ферм, отмечается: «При определении расчетных усилий в элементах фермы искажение геометрического очертания строительным подъемом при малом его значении ($\sim 1/200$ пролета) не учитывается, поскольку предполагается, что впоследствии под нагрузкой ферма вернется к своему проектному очертанию» [6, с. 290]. Прогибы деревянных ферм растут преимущественно в первые 2–3 года эксплуатации и являются следствием не только упругих деформаций стержней, но и деформаций, возникающих из-за неплотности соединений, деформаций от усушки древесины, пластических деформаций в стержнях, при работе древесины поперек волокон [6]. Изменение геометрии конструкции в процессе ее эксплуатации будет приводить к перераспределению усилий в элементах. Это изменение можно учесть, выполнив расчет конструкции при исходной проектной геометрии и с учетом предполагаемого уменьшения строительного подъема. Таким образом, будут установлены пределы разброса усилий в элементах деревянной фермы в начальный период ее эксплуатации.

Численный эксперимент выявил интересную «игру сил» в конструкции, заключающуюся в том, что при поднятии подкосов вверх по оси бабки, продольное усилие в ее нижней части практически пропадает, что упрощает конструирование нагельного соединения нижнего центрального узла фермы. При таком конструктивном решении нижняя часть бабки выполняет роль подвески, уменьшающей гибкость нижнего пояса фермы, работающего как затяжка.

Выводы

1. Расчет при помощи метода конечных элементов, учитывающий конструктивные особенности фермы, показал увеличение продольной силы в стержнях по сравнению с данными, представленными в учебниках.
2. Расцентровка геометрических осей подкосов относительно центрального узла нижнего пояса при поднятии подкосов вверх, положительно влияет на распределение усилий в бабке. В нижней части

бабки усилия практически отсутствуют, что упрощает конструирование нижнего узла фермы. Нагельное соединение необходимо рассчитывать только на продольную силу, возникающую в нижнем поясе.

Библиографический список

1. Барсуков П. В. Строительное черчение. Издание 4-е переработанное и дополненное. М.: «Высшая школа», 1972. 344 с.
2. Барсуков П. В., Князьков М. А., Короев Ю. И., Легошин П. Г., под редакцией Ю. И. Короева. Инженерно-строительное черчение. Учебник для инж.-строит. специальностей вузов и фак. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: «Высшая школа», 1976. 256 с.
3. Дарков А. В., Клейн Г. К., Кузнецов В. И., Лужин О. В., Рекач В. Г., Синельников В. В., Широ Г. С. Строительная механика. Издание седьмое, переработанное и дополненное. М.: «Высшая школа», 1976. 600 с.
4. Анохин Н. Н. Строительная механика в примерах и задачах. Часть I. Статически определенные системы. 4-е издание, дополненное и переработанное. М.: Издательство АСВ, 2016. 336 с.
5. Промстройпроект. Справочник проектировщика промышленных сооружений. Деревянные конструкции. Главный редактор тома инж. Г. Ф. Кузнецов. Редакторы: В. Г. Писчиков, Г. Г. Карлсен, В. М. Коченов. М.-Л.: Главная редакция строительной литературы, 1937. 955 с.
6. Карлсен Г. Г., Большаков В. В., Каган М. Е., Свенцицкий Г. В., Александровский К. В., Бочкарев И. В., Фоломин А. И. под редакцией д-ра техн. наук проф. Г. Г. Карлсена. Деревянные конструкции. М.: Госстройиздат, 1961. 643 с.
7. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: ДМК Пресс, 2007. 600 с.
8. Гордецкий А. С., Барабаш М. С., Сидоров В. Н. Компьютерное моделирование в задачах строительной механики. М.: АСВ, 2016. 337 с.
9. Соколов С. А. Критерии работоспособности металлических конструкций машин. Проектирование с применением МКЭ. СПб.: Страта, 2023. 202 с.
10. Мозголов М. В., Брыль С. В., Козлова Е. В. О влиянии балки опорного контура на напряженно-деформированное состояние балок прямых кессонных железобетонных перекрытий // Системные технологии. 2 [43] 2022. С. 31 – 40. DOI: 10.55287/22275398_2022_2_31. EDN: ВСYKQN.
11. Мозголов М. В., Козлова Е. В. Об особенностях работы ребристой сотовой конструкции перекрытия, созданного на принципах архитектурно-строительной бионики // Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета. Сборник научных трудов. Москва, 2022. С. 391 – 408.
12. Мозголов М. В., Козлова Е. В. О разгружающем действии крутящих моментов в балках железобетонных кессонных перекрытий // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, No 3. С. 11 – 20. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.03.2. EDN: XVBWZZ.
13. Мозголов М. В., Козлова Е. В. К вопросу создания верификационной модели для расчета кессонного железобетонного перекрытия в вычислительном комплексе SCAD. Вестник НИЦ «Строительство». 2022; 32(1): 128 – 140. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-128-140](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-128-140). EDN: BKAJGQ.
14. Мозголов М. В., Козлова Е. В. Верификация стержневой и твердотельной моделей вычисли-

тельного комплекса SCAD расчета железобетонного кессонного перекрытия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. №6. С. 35 – 47. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-6-35-47. EDN: MYYICR.

15. Мозголов М. В., Окольников Г. Э. К вопросу оценки точности решений моделей метода конечных элементов на примере расчета консольной балки // Системные технологии. 2024. № 1 (50). С. 118 – 128. doi: 10.48612/dnitii/2024_50_181-128. EDN: WGKWET.

REFINED ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF A WOODEN TRUSS USING A FINITE ELEMENT METHOD MODEL

M. V. Mozgolov
V. V. Kostyukov
D. G. Omelianchuk

Kolomna Institute (branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Moscow Polytechnic University”, Kolomna

Abstract

The article is devoted to the study of the stress-strain state of a triangular wooden truss with a span of 11.75 m, the design of which is presented in textbooks. The truss has a number of features: construction camber, continuous sections of the upper chord and misalignment of the struts relative to the lower chord node. These features were usually not taken into account by designers due to the complication of analytical calculations in the pre-computer period of strength analysis. Due to the widespread introduction of computer calculations based on finite element analysis, it became possible to calculate the construction system without simplifications. The rod model of the structure is made in the SCAD computing complex.

The calculation using the finite element method, taking into account the design features of the truss, showed an increase in the longitudinal force in the rods compared to the data determined analytically. The maximum increase was in the struts and is 24%. Computer calculations revealed an interesting "play of forces" consisting in the fact that when the struts are raised up along the headstock axis, the longitudinal force in its lower part practically disappears, which simplifies the design of the dowel connection of the lower central node of the truss. With such a design solution, the lower part of the headstock acts as a suspension, reducing the flexibility of the lower chord of the truss.

The Keywords

Wooden truss, struts, headstock,
longitudinal forces, static
indeterminacy, finite element
model, hinge.

Date of receipt in edition

27.02.2025

Date of acceptance for printing

12.03.2025

Ссылка для цитирования:

М. В. Мозголов, В. В. Костюков, Д. Г. Омелянчук. Уточненный анализ напряженно-деформированного состояния деревянной фермы при помощи модели метода конечных элементов. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 52 – 59.



МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОДОПОДГОТОВКЕ

О. Г. Примин*
О. И. Шипков**

* Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), г. Москва
** Российская академия живописи, ваяния и зодчества Ильи Глазунова (РАЖВИЗ Ильи Глазунова), г. Москва

Аннотация

В последние годы бурное развитие в области очистки воды получила мембранная технология, которая обеспечивает удаление минеральных и органических примесей и веществ, и тем самым позволяет получать воду высокого качества для питьевых нужд, а также для промышленных предприятий, где требуется вода высокой чистоты. В статье показано, что ранее методы мембранной технологии представлялись не конкурентными по отношению к другим известным методам очистки и доочистки воды, поэтому они не находили широкого применения. Отмечено, что в связи с получением в последние годы качественно новых мембран и технологий их защиты от загрязнения и регенерации, они стали использоваться в промышленных масштабах для очистки воды для питьевых целей из поверхностных водоисточников. Приведены параметры и характеристики мембранных аппаратов и технологий, показаны область их применения, методы очистки и регенерации мембран.

Ключевые слова

Мембраны, фильтрация, очистка, вода, качество, регенерация, область применения.

Дата поступления в редакцию
21.04.2025
Дата принятия к печати
26.04.2025

В последние годы в водной отрасли мембранные технологии получили широкое применение как в промышленности, так и в хозяйственном использовании, благодаря ряду преимуществ [1, 2, 3]:

- стабильность получения и высокое качество очищенной воды;
- исключение в отличие от накопительных водоочистных систем попадания примесей в очищенную воду — мембрана не накапливает внутри себя примеси;
- невысокие затраты на эксплуатацию;
- отсутствие необходимости использования реагентов и химических сбросов;
- компактность.

Примеси в воде отличаются формой присутствия (дисперсная фаза, коллоидные системы и истинно растворенные вещества) и свойствами молекул загрязняющего вещества (размеры молекул,

полярность, ионная или нейтральная форма, химическая активность и биологическая устойчивость). Окислительные методы очистки целесообразны для деструкции химически активных веществ, сорбционные методы эффективны для удаления из воды низко- и среднемолекулярных неполярных органических и элементоорганических соединений. Однако зоны наибольшей эффективности указанных методов не охватывают весь спектр возможных примесей, присутствующих в воде, в том числе полярных органических и элементоорганических соединений, катионов низковалентных металлов, основного спектра анионов, бактерий, вирусов и некоторых простейших микроорганизмов [4, 5].

В этой связи имеет место собственная широкая область использования мембранной технологии в водоподготовке, которая включает в себя как задачи, решаемые иными методами недостаточно эффективно, так и те, где мембранная технология более эффективна по совокупности технико-экономических показателей [6, 7].

Кроме того, из-за отсутствия методов защиты мембран ранее предъявлялись весьма жесткие требования к качеству исходной воды. Однако, в связи с новыми разработками, эти требования существенно снижены и в некоторых случаях очистке подвергается природная вода даже без предварительной обработки.

Особенности мембранных технологий очистки воды

Молекулы воды и растворенные вещества, размер которых меньше диаметра пор мембраны, под действием высокого давления проникают через мембранную поверхность, а другие примеси задерживаются. В этой связи поступающая на мембрану вода разделяется на потоки: фильтрат и концентрат (раствор солей). Фильтрат поступает потребителю, а концентрат отводится в дренажную систему [8].

Использование мембран исключает возможность их попадания в очищенную воду, так как они не накапливают примеси внутри себя, это их отличает от «накопительных» систем очистки воды (активированный уголь, ионообменные смолы и др.)

Классификация мембранных технологий и эффективность их очистки приведены в **табл. 1**.

Таблица 1

Виды технологий мембранного фильтрования

Тип фильтрации	Эффективность очистки	Применение для водоподготовки
Микрофильтрация МФ	Частицы всех размеров, за исключением некоторых вирусов	Осветление, предварительная очистка для ОС и НФ
Ультрафильтрация УФ	Некоторые макромолекулы	Осветление и обеззараживание, предварительная очистка для ОС и НФ
Нанофильтрация НФ	95% двухвалентных ионов, 30 – 60% одновалентных ионов, 99% органических молекул (с молекулярной массой > 200 – 400)	Размягчение частичное удаление солей, обесцвечивание, удаление пестицидов, сульфатов, вкусов и запахов
Обратный осмос ОО	90 – 99% ионов, 99% органических молекул	Удаление солей, обесцвечивание, удаление пестицидов, нитратов, вкусов и запахов

Микрофильтрация

Мембраны, основанные на процессе микрофильтрации (МФ), позволяют задерживать частицы размером от 0,1 микрона до 10 мкм. МФ мембраны получили широкое распространение в водоподготовке из-за их способности удалять мутность, взвешенные частицы и колиформных бактерий. Хотя МФ мембраны не создают серьезных препятствий для вирусных частиц при использовании в сочетании с процессами обеззараживания, содержание микроорганизмов в среде может поддаваться жесткому контролю. МФ мембраны включают в себя два распространенных типа фильтрации [9]:

а) тангенциальная фильтрация — тангенциальные фильтры с поперечным потоком.

При технологии перекрестного потока (Cross-Flow) большой объем воды постоянно проводится мимо мембраны при помощи циркуляционного насоса. Одна часть продавливается через мембрану, а другая частично, отводится в канализацию как концентрат **рис. 1**. Эти потери в замкнутом цикле постоянно восполняются питающим насосом. Преимущество этой технологии состоит в том, что не требуется перерывов в очистке для промывки мембраны. Недостаток состоит в более высоких инвестициях в оборудование, а также в более высоком расходе энергии.

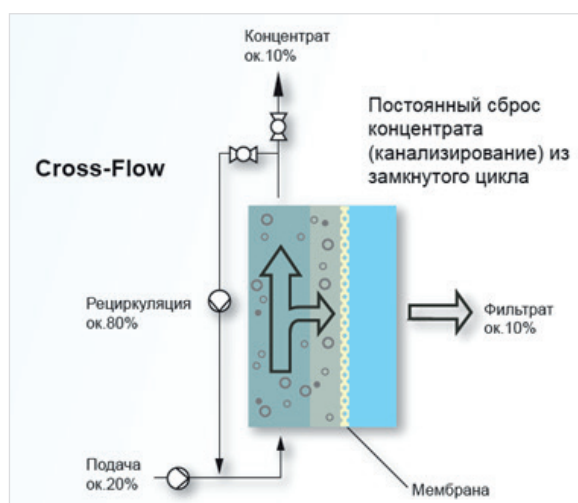


Рис. 1. Схема тангенциального фильтра с поперечным фильтром

б) «тупиковая» или перпендикулярная фильтрация (dead-end filtration), рис. 2.

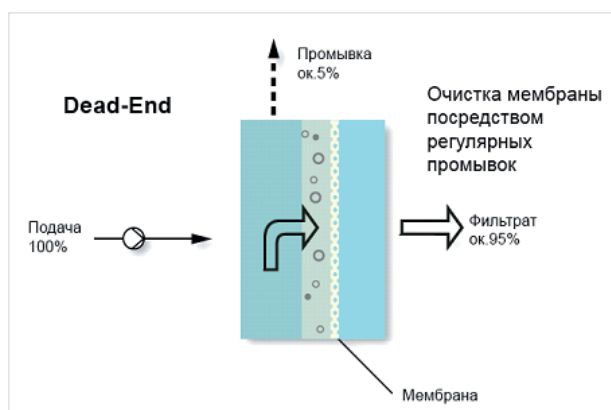


Рис. 2. Схема перпендикулярной фильтрации

При «тупиковой» технологии вода продавливается через мембрану, которая задерживает все частицы, не способные проникнуть сквозь поры. Загрязнения собираются в капиллярах, поэтому необходима регулярная промывка мембран.

Преимущество данной технологии, несмотря на краткие перерывы в работе, заключается в более низком расходе энергии и более дешевой компактной конструкции оборудования [10].

МФ фильтрация обладает следующими преимуществами по сравнению с традиционными системами очистки:

- уменьшает число технологических этапов для осветления воды;
- не требует больших площадей для размещения оборудования, т. к. процесс автоматизирован.
- в результате эксплуатации мембранных модулей не образуется больших объемов осадка ввиду отсутствия потребности в применении коагулянтов или полимеров.

В течение эксплуатационного периода мембраны могут засоряться. При этом необходимо осуществить обратную промывку или удалить твердые частицы с их поверхности.

Ультрафильтрация (УФ)

Ультрафильтрационные мембраны впервые разработаны в 1972 году. Процесс их эксплуатации и настройки имеет предельное сходство с МФ мембранами (рис. 3). Размер пор УФ мембран колеблется в диапазоне от 0,002 до 0,1 мкм. Рабочее давление составляет от 13,5 до 45,5 кг на квадратный дюйм. УФ мембраны способны удалять многие виды бактерий, некоторые вирусы, но не способны задерживать ионные неорганические соединения [11]. УФ модули, как и микрофильтрационные модули, подвержены засорению и нуждаются в периодической промывке, частота которой зависит от строения мембраны, конкретного производителя. Некоторые УФ модули вовсе не оборудованы системой обратного тока.

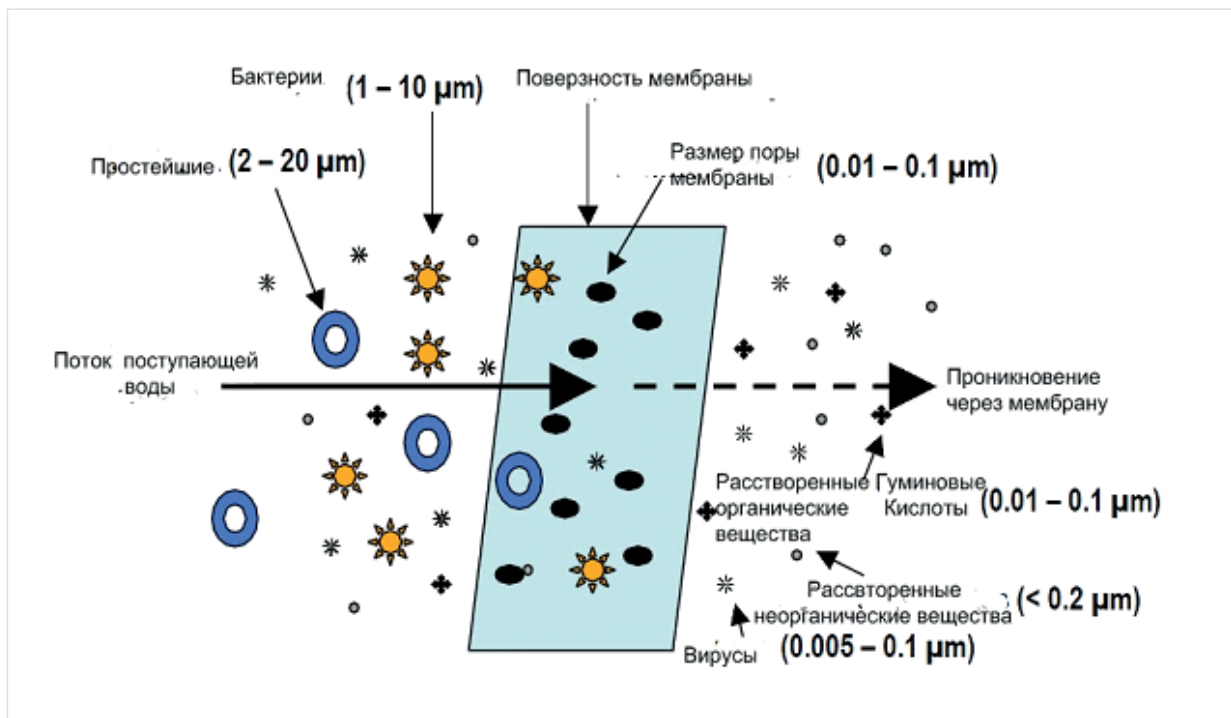


Рис. 3. Схематическое представление ультрафильтрационной мембраны

Основными преимуществами данной технологии являются:

- отсутствие потребности в высоком рабочем давлении. Для эффективной ультрафильтрации достаточно давления 1 – 2 атм.;
- в отличие от обратного осмоса ультрафильтрация задерживает только бактерии и вирусы, оставляя в воде растворенные минералы и микроэлементы;
- низкое количество реагентов;
- использование автоматизации;
- полное удаление взвешенных веществ;
- санитарно-эпидемиологическая надежность метода. Удаление 99,99% бактерий и вирусов;
- снижение показателей мутности и цветности воды;
- высокая степень очистки воды от марганца и железа;
- эффективное удаление кремния в коллоидном виде и органических веществ.

При эксплуатации УФ модулей мембранный блок погружается в воду и давление всасывания используется для пропускания воды через мембранный слой. После очистки на УФ модулях вода подвергается обеззараживанию путем хлорирования, ультрафиолетового облучения или озонирования. Промышленный ультрафильтрационный блок приведен на *рис. 4*.



Рис. 4. Промышленный ультрафильтрационный блок

Наночистка

Наночистка - баромембранный процесс разделения растворов, в котором размер задерживаемых частиц находится в пределах 1 – 10 нм, при этом крупные ионы, включая двух- и многовалентные, и более сложные молекулы задерживаются (*рис. 5*) [12]. Наночистка используется, главным образом, для удаления бактерий и других патогенных микроорганизмов, твердых частиц, частиц и органических соединений. НФ является одной из наиболее эффективных альтернатив стандартным методам подготовки питьевой воды, т. к. НФ модули могут эксплуатироваться при относительно невысоком давлении 600 – 1000 кПа. Как правило, для наночистки используются мембраны рулонного типа.

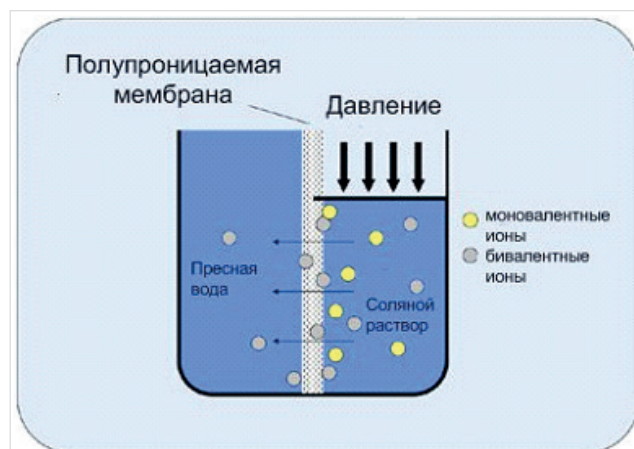


Рис. 5. Схематическое представление процесса нанофильтрации

Обратный осмос

Обратный осмос — это процесс прохождения воды или других растворителей через полупроницаемую мембрану из более концентрированного раствора в менее концентрированный в результате воздействия давления, превышающего разницу осмотических давлений обоих растворов. Для преодоления осмотического давления воду на мембране подают под давлением около 2–17 атм. для фильтрации и опреснения питьевой и солоноватой воды и 24–70 атм. для морской воды.

Обратноосмотическая мембрана (ОО) способна задерживать бактерии, соли, сахара, протеины, частицы, красители и другие загрязняющие вещества, молекулярная масса которых больше 150–250 дальтонов.

В системах очистки воды обычно используются синтетические полупроницаемые мембраны (рис. 6).

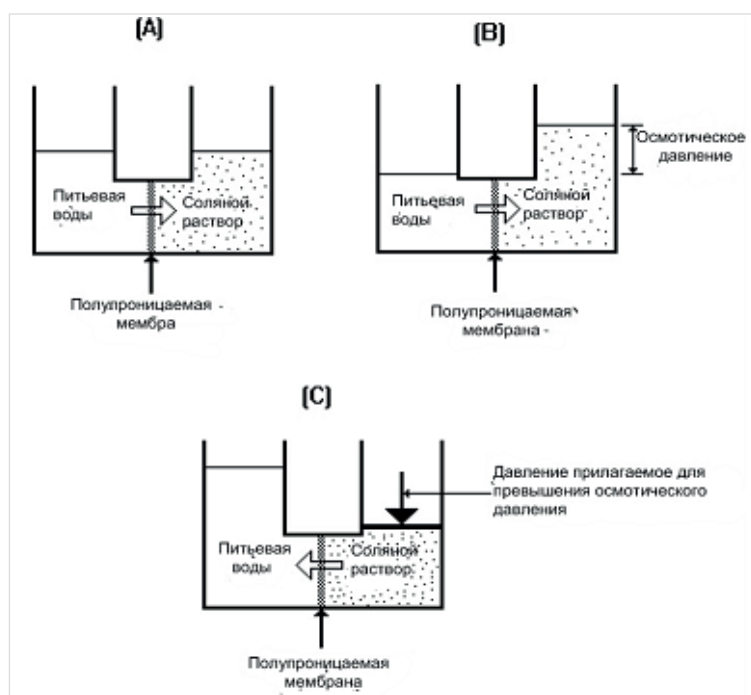


Рис. 6. Схема процессов осмоса и обратного осмоса

ОО мембраны склонны к засорению, ввиду накопления взвешенных частиц и других нерастворимых загрязнителей на активной поверхности.

Таблица 2

Сравнение обратноосмотических технологий с МФ и УФ технологиями

Мембранный процесс	Размер удаляемых частиц, коллоидной или молекулярной структуры	Рабочее давление
Микрофильтрация	10 – 0,1 мм (10-2 – 10-4 мм)	0,5 – 5,0 бар
Ультрафильтрация	0,1 – 0,001 мм (10-4 – 10-6 мм)	3,0 – 10,0 бар
Обратный осмос	0,001 – 0,0001 мм (10-6 – 10-7 мм)	макс. 80 бар

Основные преимущества и недостатки обратноосмотических систем:

- относительно нечувствительны к току воды и растворенным веществам и растворенным солям. Подходит для небольших систем с высокой частотой сезонных колебаний потребности в питьевой воде;
- эксплуатация ОО мембран не требует периодов обкатки оборудования;
- возможна очистка вод с низкими концентрациями загрязняющих веществ;
- удаление микроорганизмов совместно с неорганическими веществами;
- простота эксплуатации и автоматизация позволяют снизить степень контроля.

Некоторые недостатки:

- высокие капитальные и эксплуатационные затраты;
- в некоторых случаях требуется высокое качество подготовки воды перед фильтрацией;
- мембраны склонны к засорению.

В результате формирования тонкопористого слоя из различных полимерных материалов в последние годы стали все чаще появляться новые типы мембран на основе композитных материалов.

Эти мембраны обладают высокими значениями проницаемости и селективности при относительно низких значениях рабочих давлений, химической стабильностью, слабой чувствительностью к воздействию биологических отложений. Мембраны стабильно работают при значениях температур от 0 до 400 °С и при pH от 2 до 12. Композитные мембраны обладают намного лучшими характеристиками проницаемости по сравнению с традиционно применяемыми ацетатцеллюлозными мембранами, но чувствительны к воздействию свободного хлора и других окислителей [13].

Исследования показали, что весьма перспективным оказалось применение мембран для подготовки питьевой и технической умягченной воды. Для этого используются мембраны с высокими значениями селективности по органическим веществам и с размерами пор больше, чем у обратноосмотических мембран ($< 1 \times 10^{-9}$ м) и меньше, чем у ультрафильтрационных мембран ($> 2 \times 10^{-9}$ м).

При эксплуатации мембран для обеспечения ресурса их работы необходимо их регенерация для восстановления их характеристик, изменившихся в процессе эксплуатации.

Методы регенерации мембран в литературе подразделяют, как правило, на следующие группы: механические, гидродинамические, химические и физические [14, 15].

Механические методы очистки мембран широко используются для снятия загрязнений с поверхности мембран в установках трубчатого и фильтр-прессного типа. Сущность метода заключа-

ется в том, что в разделяемый поток постоянно вводятся шары, которые, двигаясь в напорном канале аппарата по поверхности мембраны, снимают образующиеся загрязнения. Шары имеют диаметр, превышающий высоту напорного канала, и изготавливаются из мягкого материала (например, из природного или синтетического каучука). Они дают высокий эффект очистки, если сформировавшийся осадок не обладает существенной адгезией к поверхности мембраны [16].

Гидродинамические методы очистки мембраны можно условно разделить на две подгруппы:

- очистка мембран от загрязнений за счет изменений гидродинамических параметров мембранного процесса (рабочего давления, тангенциальной скорости в напорном канале);
- водная и газожидкостная промывка аппаратов при условии создания специальных гидродинамических условий.

Физические методы очистки мембран осуществляются при воздействии на мембраны электрических и магнитных полей, ультразвука (УЗ), а также при проведении процесса ОО в условиях, когда разделение на мембране происходит в зоне действия центробежных сил. Устройства для создания ультразвукового поля расположены таким образом, что исключается возможность образования стоячей волны, которая разрушает мембрану. При воздействии УЗ на процесс ОО отмечается увеличение проницаемости мембран. Кроме того, при использовании УЗ для очистки мембран вымывание частиц, осевших на внешней поверхности мембраны и из ее пор, происходит за счет ультразвуковых колебаний, распространяющихся в мембране и в растворе [17 – 18].

Наибольшее распространение в технологии обратноосмотического разделения для восстановления характеристик мембран получили химические методы, которые используют реагенты: соляная, щавелевая, лимонная кислоты, растворы альдегидов, пербораты, металлоккомплексующие агенты, включающие триполифосфат, пирофосфат натрия и др.

Комбинированные методы очистки мембран осуществляют следующим образом. С целью удаления осадка с поверхности обратноосмотических мембран и восстановления их начальных характеристик проводят многоступенчатую периодическую обработку. Первоначально выдерживают мембраны под слоем воды более 20 ч. Затем промывают водой при давлении 0,2 – 0,4 МПа. После чего промывают мембрану 30%-м раствором гипохлорита натрия, вновь промывают водой при давлении 0,2 – 0,4 МПа, выдерживают в воде более 20 ч и промывают раствором ПАВ. Такая обработка существенно продлевает срок службы мембран при восстановлении первоначальных технологических параметров на более 95 %.

Выводы

1. К достоинствам мембранных методов относятся:

- а) высокая степень деминерализации воды;
- б) отсутствие в фильтрате механических примесей;
- в) стоимость мембран сопоставима со стоимостью адсорбентов;
- г) минимум реагентов;
- д) использование тангенциальных методов фильтрации, что значительно повышает срок эксплуатации самого фильтра.

2. К проблемам мембранных методов обработки воды можно отнести:

- а) часть поступающей на мембраны воды требуется сбрасывать в виде концентрата или технической воды;

- б) невысокая степень извлечения органических примесей, особенно для микро- и ультра-фильтрации;
- в) сложное устройство аппаратуры и оснащения больших мембранных систем;
- г) сепарационная способность зависит от размеров частиц, независимо от их токсичности.

Библиографический список

1. Бурак Л. Ч., Писарик М. И. Эффективность очистки воды мембранной фильтрацией // Научное обозрение. Технические науки. 2023. № 1. С. 37–43.
2. Первов А. Г. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация. М.: Издательство АСВ, 2009. 231 с.
3. Десятов А. В., Баранов А. Е., Баранов Е. А., Какуркин Н. Н., Асеев А. В. Опыт использования мембранных технологий для очистки и опреснения воды М.: Химия, 2008. 240 с.
4. Norman N. Li. Advanced Membrane Technology and Applications. Wiley-Interscience: 2008. 994 p. 40.
5. Рябчиков Б. Е. Современная водоподготовка. М.: ДеЛи плюс, 2013. 680 с.
6. Баландина А. Г., Хангильдин Р. И., Ибрагимов И. Г., Мартяшева В. А. Развитие мембранных технологий и возможность их применения для очистки сточных вод предприятий химии и нефте-химии // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. №5. <http://www.ogbus.ru>.
7. Пантелеев А. А., Рябчиков Б. Е., Хоружий О. В., Громов С. Л., Сидоров А. Р. Мембранные технологии в промышленной водоподготовке. М.: ДеЛи плюс, 2012. 429 с.
8. Андрианов А. П., Ефремов Р. В., Хургин Р. Е. Проблемы современного водоснабжения // Системные технологии. 2022. № 3 (44). С. 5–13.
9. Хургин Р. Е., Кулагина А. С. Современный взгляд на водопотребление городов // Системные технологии. 2021. № 1 (38). С. 62–65.
10. Lateef S. K., Soh B. Z., Kimura K. Direct membrane filtration of municipal wastewater with chemically enhanced backwash for recovery of organic matter. Bioresource Technology. 2013. № 150. P. 149–155.
11. Thiago A. Nascimento, Fanny R. Mejía, Fernando Fdz-Polanco, Mar Peña Miranda. Improvement of municipal wastewater pretreatment by direct membrane filtration. Environmental Technology. 201738: 20, 2562–2572. DOI: 10.1080/09593330.2016.1271017.
12. Фарносова Е. Н., Каграманов Г. Г. Нанофильтрация и обратный осмос: сравнение и области применения. // Журнал «Вода Magazine», №6 (118), 2017. С. 5–10.
13. Фазуллин Д. Д., Маврин Г. В., Мелконян Р. Г. Композиционные мембраны с модифицированным поверхностным слоем // Международный научно-исследовательский журнал. № 9 (16), 2013. С. 26–32.
14. Первов А. Г., Нгуэн К., Юрчевский Е. Б. Изучение влияния органических веществ на работу обратноосмотических мембран // Мембраны и мембранные технологии. 2019. Т. 9. № 5. С. 334–347.
15. Викулин П. Д. Осветление и обесцвечивание природных вод в ультразвуковом поле // Системные технологии. 2022. № 1 (42). С. 32–40.
16. Громов С. Л. Осадкообразование в рулонных обратноосмотических и нанофильтрационных элементах и способы его предотвращения // Теплоэнергетика. 2014. № 6. С. 49–58.

17. Ладыгин К. В. Ультразвуковая очистка обратноосмотических мембран при обезвреживании фильтрата полигонов твердых бытовых отходов: Дисс. ... кандидата технических наук. М., 2015. 102 с.

18. Залётова Н. А., Касперович В. Ю. Современные направления очистки высококонцентрированных сточных вод // Системные технологии. 2021. № 1 (38). С. 44 – 49.

MEMBRANE TECHNOLOGIES IN WATER TREATMENT

O. G. Primin*

O. I. Shipkov**

* Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN), Moscow

** The Russian academy of painting, sculpturing and architecture of Ilya Glazunov (The Russian academy of Ilya Glazunov), Moscow

Abstract

In recent years, membrane technology has been rapidly developing in the field of water purification, which removes mineral and organic impurities and substances, and thus makes it possible to obtain high-quality water for drinking needs, as well as for industrial enterprises where high-purity water is required. The article shows that earlier methods of membrane technology were considered uncompetitive in relation to other known methods of water purification and post-treatment, therefore they were not widely used. It is noted that in recent years, due to the acquisition of qualitatively new membranes and technologies for their protection from pollution and regeneration, they have been used on an industrial scale to purify water for drinking purposes from surface water sources. The parameters and characteristics of membrane devices and technologies are given, the scope of their application, methods of membrane purification and regeneration are shown.

The Keywords

Membranes, filtration, purification, water, quality, regeneration, scope of application.

Date of receipt in edition

21.04.2025

Date of acceptance for printing

26.04.2025

Ссылка для цитирования:

О. Г. Примин, О. И. Шипков. Мембранные технологии в водоподготовке. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 60 – 69.



УДК 539.3

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_70-80

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Э. К. Агаханов
Г. А. Кадыров
А. К. Магомедов

Дагестанский государственный технический университет, г. Махачкала

Аннотация

Водно-тепловой режим, как физическое воздействие, кроме как изменить свойств грунтов земляного полотна и дорожной одежды, для некоторых видов грунтов может являться и причиной существенных вынужденных деформаций. Выполнена постановка задачи для земляного полотна и дорожной одежды, находящихся под действием вынужденных деформаций, вызванных водно-тепловым режимом грунта, в условиях плоского деформированного состояния. Задача решается в рамках расчетной модели, подчиняющейся линейно-наследственным уравнениям ползучести и условиям квазиупругости. Перемещения, деформации и напряжения определяются через термовлагоупругий потенциал перемещений простым дифференцированием и интегрированием, а также для напряжений решением дополнительной задачи теории упругости при помощи функции напряжений Эри. Для определения вынужденных деформаций водно-теплого режима в земляном полотне и дорожной одежде используется известная система связанных дифференциальных уравнений миграции тепла и влаги. Получено решение для синусоидального закона среднегодового цикла изменения влажности грунта в верхней части земляного полотна. По полученному аналитическому решению в пакете MatLab составлена программа и выполнен численный счет при разных значениях исходных данных и анализ результатов.

Ключевые слова

Земляное полотно и дорожная одежда, водно-тепловой режим, напряженно-деформированное состояние, математическое моделирование, линейно-наследственная ползучесть, вынужденные деформации.

Дата поступления в редакцию
27.02.2025

Дата принятия к печати
12.03.2025

Введение

Напряженно-деформированное состояние земляного полотна и дорожной одежды существенно зависит от сезонных изменений температуры и влажности, которые в верхних слоях грунтовой толщи достигают значительной величины. В зимне-весенний период грунты земляного полотна и дорожной одежды подвергаются промерзанию и оттаиванию, а после схода снегового покрова — попеременному

высыханию и увлажнению в результате выпадения атмосферных осадков. Тесная связь между температурой и влажностью грунтов при изучении напряженно-деформированного состояния земляного полотна и дорожной одежды в процессе тепловлагообмена объединена понятием — водно-тепловой режим грунта. В научно-технической литературе имеются закономерности сезонного качественного и количественного изменения основных физико-механических свойств грунтов земляного полотна автомобильных дорог. Следует отметить, что водно-тепловой режим, как физическое воздействие, является не только причиной изменения свойств грунтов земляного полотна и дорожной одежды, но для некоторых видов грунтов может являться и причиной существенных вынужденных деформаций. Также отметим, что ползучесть многих материалов, особенно волокнистых, заметно изменяется уже в пределах комнатных температур и, кроме того, зависит от влажности, которая может быть связана с температурой. Вместе с тем небольшие изменения температуры, вызывающие в статически неопределимых системах заметные температурные напряжения, в ряде материалов мало изменяют их механические свойства. В этих случаях температуру можно рассматривать лишь как причину вынужденных деформаций и решать задачу об изменении во времени, как обычную задачу ползучести при заданных не зависящих от температуры свойствах материала [1, 2]. Такая постановка задачи пригодна для расчета бетонных и железобетонных сооружений при обычных климатических колебаниях температуры. В других случаях необходимо учитывать влияние изменений температуры на характеристики ползучести материала. Во многих случаях температура существенно влияет на характер и интенсивность ползучести материала. При больших изменениях температуры в процессе деформирования материала мгновенный модуль упругости и ядро наследственной зависимости деформаций от напряжений следует считать функциями температуры материала. Если учесть, что разбухание материала при увлажнении можно уподобить температурному расширению, то получим полную аналогию между температурной и влажностной задачей ползучести. Эта аналогия не исключает, конечно, различия в аналитических зависимостях, выражающих влияния температуры и влажности. В отличие от температуры влажность ограничена сверху, так как не может быть больше единицы (100%). Нулевое значение влажности соответствует абсолютно сухому материалу, в котором явления ползучести бывают выражены в очень слабой форме. Часто можно принять, что абсолютно сухой материал совершенно лишен свойств ползучести.

Постановка задачи

Рассмотрим задачу определения напряженно-деформированного состояния земляного полотна и дорожной одежды от воздействия вынужденных деформаций ε_θ , вызванных водно-тепловым режимом грунта. На достаточно длинных участках автомобильных дорог с продольной осью OZ при действии вынужденных деформаций $\varepsilon_\theta(x, y, t)$ возникает плоское деформированное состояние. В таком случае для перемещений имеем [3, 4]

$$\left. \begin{aligned} u &= u(x, y, t); \\ v &= v(x, y, t); \\ w &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Тогда по соотношениям Коши

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}; \quad (2)$$

$$\varepsilon_z = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0. \quad (3)$$

Методы исследования

На основании результатов многочисленных экспериментальных исследований, грунты, поставленные в указанные выше условия работы, подчиняются закономерностям деформирования линейной наследственной теории ползучести и для многих грунтов при уплотняющих давлениях до 3 кг/см^2 соблюдается постоянство во времени коэффициента Пуассона [5], поэтому в данной работе принимаем, что грунты земляного полотна и дорожной одежды подчиняются линейно-наследственным уравнениям ползучести и условиям квазиупругости. В таком случае дифференциальные уравнения равновесия считая объемные силы равными нулю и учитывая условия плоского деформированного состояния принимают вид [6, 7]:

$$\left. \begin{aligned} \nabla^2 u + \frac{1}{1-2\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{2+2\mu}{1-2\mu} \cdot \frac{\partial \varepsilon_s}{\partial x} &= 0; \\ \nabla^2 v + \frac{1}{1-2\mu} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{2+2\mu}{1-2\mu} \cdot \frac{\partial \varepsilon_s}{\partial y} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Уравнения деформирования в решенном относительно напряжений виде при инвариантности во времени с учетом условий плоского деформированного состояния выглядят:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1-2\mu^2-\mu} \left[(1-\mu)S(\varepsilon_x) + \mu S(\varepsilon_y) - (1+\mu)S(\varepsilon_s) \right]; \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-2\mu^2-\mu} \left[(1-\mu)S(\varepsilon_y) + \mu S(\varepsilon_x) - (1+\mu)S(\varepsilon_s) \right]; \\ \sigma_z &= \mu(\sigma_x + \sigma_y) - ES(\varepsilon_s); \\ \tau_{xy} &= GS(\gamma_{xy}). \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где S — оператор, имеющий вид:

$$S(\varepsilon) = \varepsilon(t) - \int_{t_0}^t \varepsilon(\tau) R(t-\tau) d\tau,$$

где $R(t-\tau)$ — резольвента ядра уравнения ползучести $K(t-\tau)$.

Неизвестными принимаем перемещения и решаем задачу в перемещениях. Частное решение системы дифференциальных уравнений равновесия (4) будем искать по формулам

$$u^{(\varepsilon_s)} = \frac{\partial \Phi}{\partial x}; \quad v^{(\varepsilon_s)} = \frac{\partial \Phi}{\partial y}, \quad (6)$$

где функцию Φ по аналогии с задачей термоупругости назовем термовлагоупругим потенциалом перемещений.

Подставив эти выражения в (4), получим

$$\nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = \frac{1+\mu}{1-\mu} \varepsilon_s. \quad (7)$$

По соотношениям Коши (2) с учетом (6) для деформаций получим

$$\varepsilon_x^{(\varepsilon_s)} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2}; \quad \varepsilon_y^{(\varepsilon_s)} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2}; \quad \gamma_{xy}^{(\varepsilon_s)} = 2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial y}. \quad (8)$$

Тогда согласно соотношениям (5) для напряжений имеем

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x^{(\varepsilon_e)} &= \frac{E}{1-2\mu^2-\mu} \left[(1-\mu)S\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}\right) + \mu S\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}\right) - (1+\mu)S(\varepsilon_e) \right]; \\ \sigma_y^{(\varepsilon_e)} &= \frac{E}{1-2\mu^2-\mu} \left[(1-\mu)S\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}\right) + \mu S\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}\right) - (1+\mu)S(\varepsilon_e) \right]; \\ \sigma_z^{(\varepsilon_e)} &= \mu(\sigma_x + \sigma_y) - ES(\varepsilon_e); \\ \tau_{xy}^{(\varepsilon_e)} &= 2GS\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\partial y}\right). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Таким образом, находя из выражения (7) термовлагоупругий потенциал перемещений Φ , для определения перемещений, деформаций и напряжений требуется простое дифференцирование и интегрирование формул (6), (8) и (9).

Напряжения (9) в общем случае не будут удовлетворять однородным граничным условиям, так как они получены с помощью термовлагоупругого потенциала перемещений, который дает лишь частное решение системы (4).

Для того, чтобы граница была свободна от внешних воздействий, необходимо добавить такое решение уравнений теории ползучести, которое на поверхности тела будет давать значения напряжений, равные по величине и противоположные по знаку тем, которые следуют из равенств (9).

Для квазиупругого тела с постоянным коэффициентом Пуассона, находившегося до начала загрузки в естественном состоянии, при отсутствии объемных сил и при граничных условиях, заданных в напряжениях, изменяющихся на поверхности тела по одному и тому же закону во времени, напряжения внутри тела изменяются во времени по тому же закону, что и напряжения на поверхности [8, 9]. В таком случае дополнительная задача теории ползучести может решаться методами теории упругости при помощи функции Эри по формулам

$$\sigma_x^{(p)} = \frac{\partial^2\phi}{\partial y^2}; \quad \sigma_y^{(p)} = \frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}; \quad \tau_{xy}^{(p)} = -\frac{\partial^2\phi}{\partial x\partial y}, \quad (10)$$

где ϕ — бигармоническая функция.

Для окончательного решения задачи остается определить поле вынужденных деформаций, вызванных водно-тепловым режимом [10, 11].

Вынужденные деформации водно-теплого режима в земляном полотне и дорожной одежде представим в следующем виде:

$$\varepsilon_e(t) = \alpha T(t) + \beta W(t),$$

где α, β — коэффициенты температурного расширения и влажностного набухания грунтов; $T(t), W(t)$ — температурное и влажностное поле в земляном полотне и дорожной одежде.

Для определения $T(t), W(t)$ можно использовать приведенную в работе [12] систему связанных дифференциальных уравнений миграции тепла и влаги по 2-й или 3-й расчетной схеме водно-теплого режима. Согласно 2-й расчетной схеме в порах содержится вода в парообразном и жидком состояниях и миграция влаги происходит в двухфазном состоянии: $W_{МГ} \leq W < W_{ПВ}$, $T > T_L$ (где $W_{МГ}$ и $W_{ПВ}$ — соответственно максимальная гигроскопическая и полная влажности грунта, T_L — темпера-

тура льдообразования). По 3-й расчетной схеме в порах грунта содержится вода в парообразном, жидком и твердом состояниях и миграция влаги происходит в форме насыщенного пара и незамерзшей для данной температуры влаги: $W_{MG} \leq W < W_{PB}$, $T < T_L$.

Систему уравнений миграции тепла и влаги приведем только для мерзлой зоны:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{C_M \delta} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_M \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\varepsilon \rho_{\Pi}}{C_M} \cdot \frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\varepsilon_1 \rho_H}{C_M} \cdot \frac{\partial W}{\partial t}; \quad (11)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{1}{1 - \varepsilon - \varepsilon_1} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \left(a_H \frac{\partial W_H}{\partial z} + a_H b_H \frac{\partial T}{\partial z} \right). \quad (12)$$

Если теплофизические характеристики считать постоянными, то система уравнений принимает вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_M \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{C_M} (\varepsilon \rho_{\Pi} + \varepsilon_1 \rho_H) \frac{\partial W}{\partial t}; \quad (13)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = a'_H \frac{\partial^2 W_H}{\partial z^2} + a'_H b_H \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}. \quad (14)$$

В уравнениях (11)–(14): C — теплоемкость; δ — объемный вес скелета; λ — коэффициент теплопроводности; ε — критерий фазового перехода парообразной влаги в жидкообразную; ε_1 — критерий фазового перехода влаги в лед; ρ_{Π} — теплота конденсации; ρ_H — теплота кристаллизации; a_H — коэффициент влагопроводности незамерзшей влаги; W_H — незамерзшая влага; b_H — термоградиентный коэффициент при миграции незамерзшей влаги; a'_H — коэффициент влагопроводности незамерзшей влаги, равный

$$a'_H = \frac{a_H}{1 - \varepsilon - \varepsilon_1}.$$

Первоочередной интерес представляет изучение процессов тепло- и влагообмена земляного полотна и дорожной одежды в периоды промерзания и оттаивания. Кроме того, дорожная одежда современных автомобильных дорог представляет собой слоистую систему. Так как в каждом слое слоистой системы тепловлагообмен происходит по одной из расчетных схем, то система дифференциальных уравнений для слоистой системы записывается путем сочетания систем дифференциальных уравнений различных расчетных схем.

На влажность верхней части земляного полотна существенное влияние оказывают тип покрытия и общая толщина дорожной одежды. С ее увеличением уменьшаются пределы колебания влажности и модуля упругости грунтов.

Известно, что изменения влажности грунта в верхней части земляного полотна можно описать синусоидальным законом среднегодового цикла

$$W(t) = W_0 + A \sin(\omega t + \phi), \quad (15)$$

где: W_0 — начальная влажность осеннего периода увлажнения;

A — амплитуда колебаний влажности;

$\omega t + \phi$ — фаза колебаний влажности;

ω — частота изменений влажности;

ϕ — начальная фаза колебания влажности.

Период колебаний влажности $\frac{2\pi}{\omega} = T$ примем 360 дней, начальная фаза колебания влажности $\phi = 0 \div 2\pi$. Амплитуда влажности $A = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{2}$ и начальная влажность осеннего периода увлажнения $W_0 = \frac{W_{\max} + W_{\min}}{2}$.

Тогда вынужденные деформации в верхней части земляного полотна можно определить по выражению

$$\varepsilon_{\delta}(t) = \beta \Delta W(t), \quad (16)$$

где β — коэффициент влажностного набухания грунта или усадки набухающих грунтов при высыхании.

Графики изменения влажности грунта в верхней части земляного полотна при начальной фазе колебаний влажности $\phi = 0$ показаны на **рисунке 1**.

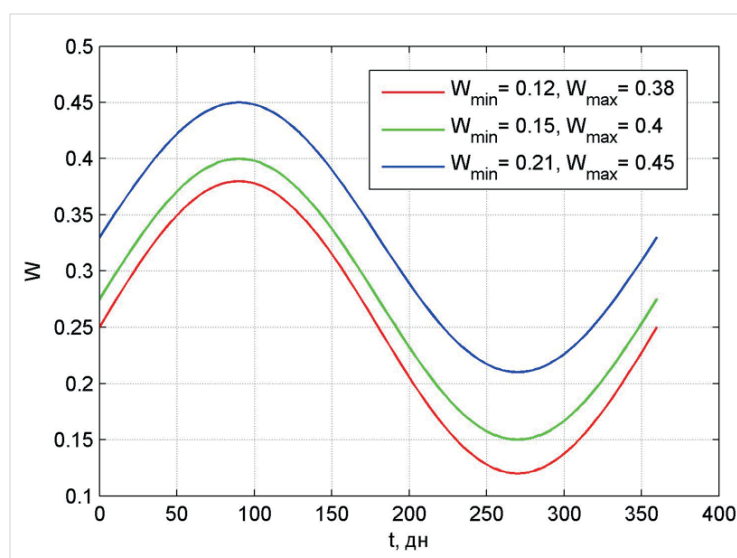


Рис. 1. Изменения влажности грунта в верхней части земляного полотна

По формулам (7) и (12) запишем уравнение для термовлагоупругого потенциала перемещений

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = \frac{1+\mu}{1-\mu} \varepsilon_{\delta} = \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta \Delta W(t). \quad (17)$$

Частное решение данного уравнения имеет вид

$$\Phi = \frac{1}{4} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \varepsilon_{\delta} (x^2 + y^2) = \frac{1}{4} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta \Delta W(t) (x^2 + y^2). \quad (18)$$

Дифференцируя это уравнение, по формулам (6), (8) и (9) имеем

$$\left. \begin{aligned} u^{(\varepsilon_{\delta})} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \varepsilon_{\delta} x = \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta \Delta W(t) x; \\ v^{(\varepsilon_{\delta})} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \varepsilon_{\delta} y = \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta \Delta W(t) y. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x^{(\varepsilon_e)} = \varepsilon_y^{(\varepsilon_e)} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \varepsilon_e = \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta \Delta W(t); \\ \gamma_{xy}^{(\varepsilon_e)} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x^{(\varepsilon_e)} = \sigma_y^{(\varepsilon_e)} &= -\frac{E}{2(1-\mu)} S(\varepsilon_e) = -\frac{E}{2(1-\mu)} \left[\varepsilon_e(t) - \int_{t_0}^t \varepsilon_e(\tau) R(t-\tau) d\tau \right]; \\ \sigma_z^{(\varepsilon_e)} &= -\frac{E}{1-\mu} S(\varepsilon_e) = -\frac{E}{1-\mu} \left[\varepsilon_e(t) - \int_{t_0}^t \varepsilon_e(\tau) R(t-\tau) d\tau \right]; \\ \tau_{xy}^{(\varepsilon_e)} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Согласно выражениям (20) и (21) ползучесть не сказывается на величине и характере протекания деформации грунта, а влияет на напряженное состояние. Данное положение соответствует доказанной Арутюняном Н. Х. теореме, что если напряженное состояние тела вызвано его вынужденными деформациями, а граница свободна от действия внешних нагрузок или жестко закреплена, то при постоянстве во времени коэффициента Пуассона полные деформации в рассматриваемом теле тождественно совпадают с деформациями упругомгновенной задачи, т. е.

$$\varepsilon_{ij}(t) = \varepsilon_{ij}^y(t), \quad (22)$$

а напряжения связаны соотношениями

$$\sigma_{ij}(t) = \sigma_{ij}^y(t) - \int_{t_0}^t \sigma_{ij}^y(\tau) \frac{E(t)}{E(\tau)} R(t-\tau) d\tau. \quad (23)$$

Поэтому, решение (21) и решение дополнительной задачи, необходимое для удовлетворения однородных граничных условий исходной задачи, сводятся к нахождению решений, соответствующих упругомгновенных задач. Кроме того, выражение (23) позволяет получить напряжения с учетом переменности во времени модуля упругости.

Так как верхняя часть земляного полотна находится не в стесненных условиях и вынужденные деформации в ней являются функцией только параметра времени, то напряжения в данных условиях имеют тривиальное решение.

Полученное для деформаций решение (20) позволяет определить их в верхней части земляного полотна при колебаниях влажности для любого промежутка времени.

Дифференцируя функцию влажности (15) имеем

$$\frac{dW(t)}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi). \quad (24)$$

Следовательно, на участках интервала $t = 0 \div T$, где $\cos(\omega t + \varphi) > 0$, функция влажности $W(t)$ возрастает, а на участках, где $\cos(\omega t + \varphi) < 0$, она убывает. В точках $t = t_0$, где производная меняет знак с «плюса» на «минус», функция влажности достигает максимума, а с «минуса» на «плюс» — минимума.

На участках, где функция влажности $W(t)$ возрастает, деформации определяются по выражениям:

- на участке с началом в $t = 0$

$$\varepsilon_x^{(\varepsilon_e)} = \varepsilon_y^{(\varepsilon_e)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta_{sw} [W_o + A \sin(\omega t + \varphi) - W(0)]; \quad (25)$$

- на участках с началом в $t = t_0$

$$\varepsilon_x^{(\varepsilon_e)} = \varepsilon_y^{(\varepsilon_e)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta_{sw} [W_o + A \sin(\omega t + \varphi) - W_{\min}]. \quad (26)$$

На участках, где функция влажности $W(t)$ убывает, деформации определяются по выражениям:

- на участке с началом в $t = 0$

$$\varepsilon_x^{(\varepsilon_e)} = \varepsilon_y^{(\varepsilon_e)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta_{sh} [W_o + A \sin(\omega t + \varphi) - W(0)]; \quad (27)$$

- на участках с началом в $t = t_0$

$$\varepsilon_x^{(\varepsilon_e)} = \varepsilon_y^{(\varepsilon_e)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1+\mu}{1-\mu} \beta_{sh} [W_o + A \sin(\omega t + \varphi) - W_{\max}]. \quad (28)$$

График изменения влажностных деформаций на каждом участке начинается с нулевого значения и его характер будет соответствовать характеру на графике для влажности, но с разрывами в точках $t = t_0$.

По полученному аналитическому решению в пакете MatLab составлена программа и выполнен численный счет при следующих значениях исходных данных:

$\phi = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$ — начальная фаза колебания влажности;

$W_{\min} = 0.12; 0.15; 0.21$ — минимальные значения влажности грунта;

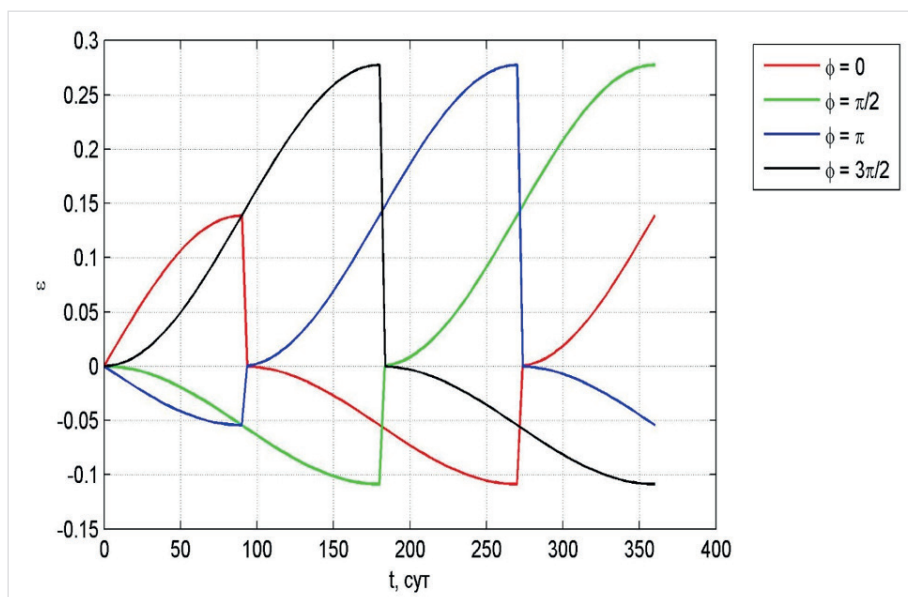
$W_{\max} = 0.38; 0.4; 0.45$ — соответствующие максимальные значения влажности грунта;

$\beta_{sw} = 1,15$ — коэффициент влажностного набухания грунта;

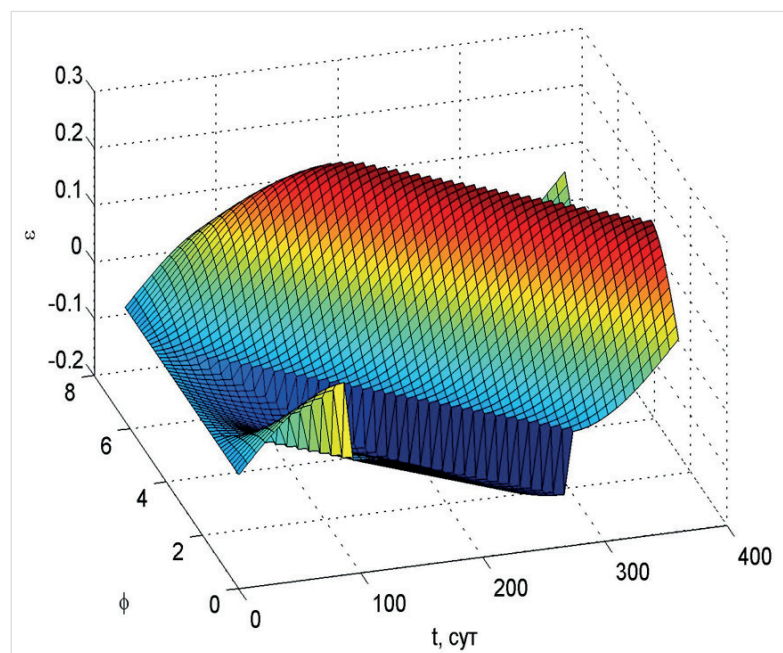
$\beta_{sh} = 0,45$ — коэффициент усадки набухающих грунтов при высыхании.

$\mu = 0.3$ — коэффициент поперечного линейного расширения (коэффициент Пуассона).

Некоторые результаты численного счета по изменению деформаций в верхней части земляного полотна в виде графиков представлены на *рисунке 2*.



а)



б)

Рис. 2. Деформации в верхней части земляного полотна

Анализ результатов

В условиях плоского деформированного состояния и рамках расчетной модели, подчиняющейся линейно-наследственным уравнениям ползучести и условиям квазиупругости, получено решение для земляного полотна и дорожной одежды, находящихся под действием вынужденных деформаций, вызванных водно-тепловым режимом грунта. При этом перемещения, деформации и напряжения определены через термовлагоупругий потенциал перемещений простым дифференцированием и интегрированием, а для напряжений при помощи функции напряжений Эри решена также дополнительная задача теории упругости. Для определения вынужденных деформаций водно-теплого режима в земляном полотне и дорожной одежде использована известная система связанных дифференциальных уравнений миграции тепла и влаги. Составленная в пакете MatLab программа позволяет выполнить оценку влияния большого спектра параметров на решение задачи.

Заключение

Показана возможность моделирования напряженно-деформированного состояния земляного полотна и дорожной одежды от воздействия вынужденных деформаций, вызванных водно-тепловым режимом грунта и получено решение для синусоидального закона среднегодового цикла изменения влажности грунта в верхней части земляного полотна.

Библиографический список

1. Agakhanov E., Batmanov E., Agakhanov M. The stress-strain state from its own weight in ground

base with trapezoidal cutout. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 03047.

2. Agakhanov E., Sultanova L., Hizriyeva Z., Agakhanov M. Conditions of equivalence of effects for the solid body from incompressible material. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01031.

3. Варданян Г. С., Андреев В. И., Атаров Н. М., Горшков А. А., Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности, Под ред. Г. С. Варданяна, М., Изд. АСВ, 1995, 568 с.

4. Агаханов Э. К., Агаханов М. К. О возможности применения эквивалентности воздействий в аналитических решениях задач теории упругости. Вестник МГСУ. 2010. № 4-3. С. 144 – 148.

5. Цытович Н. А., Зарецкий Ю. К., Малышев М. В., Абелев М. Ю., Тер-Мартirosян З. Г. Прогноз скорости осадок оснований сооружений. — М.: 1967, 240 с.

6. Агаханов Г. Э. О математическом моделировании физических воздействий в грунтах // Научное обозрение. — М., 2014. — № 12. — Часть 3.

7. Агаханов Э. К., Агаханов М. К. О моделировании действия объемных сил в упругоползучем теле. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2005. № 1 (129). С. 25а – 26.

8. Ржаницын А. Р. Теория ползучести. — М.: Стройиздат, 1968, 418 с.

9. Савостьянов В. Н., Агаханов Э. К. Об эквивалентности воздействий в статической задаче механики деформируемого твердого тела. Известия высших учебных заведений. Строительство. 1995. № 10. С. 26 – 30.

10. Agakhanov E., Agakhanov M. Modeling of weighing and filtration forces in the “dam-foundation” system. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 5th International Scientific Conference on Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education, IPICSE 2016. С. 01012.

11. Агаханов Э. К., Курачев Р. М., Чепурненко А. С., Кулинич И. И. Нелинейная задача теплопроводности для радиационно-теплого экрана реактора АЭС. Инженерный вестник Дона. 2015. № 4 (38). С. 92.

12. Леонович И. И., Вырко Н. П. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. — Минск: БНТУ, 2013, 332 с.

MODELING OF WATER-THERMAL REGIME OF HIGHWAY ROADS SUBSTRATE

E. K. Agakhanov
G. A. Kadyrov
A. K. Magomedov

Dagestan State Technical University, Makhachkala

Abstract

The water-thermal regime, as a physical effect, in addition to changing the properties of subgrade soils and road pavement, for some types of soils can also be the cause of significant forced deformations. The formulation of

the problem was carried out for the subgrade and road pavement, which are under the influence of forced deformations caused by the water-thermal regime of the soil, under conditions of a flat deformed state. The problem is solved within the framework of a calculation model that obeys linearly hereditary creep equations and quasi-elasticity conditions. Displacements, deformations and stresses are determined through the thermomoisture-elastic potential of displacements by simple differentiation and integration, as well as for stresses by solving an additional problem of the theory of elasticity using the Airy stress function. To determine the forced deformations of the water-thermal regime in the subgrade and road pavement, a well-known system of coupled differential equations for the migration of heat and moisture is used. A solution was obtained for the sinusoidal law of the average annual cycle of changes in soil moisture in the upper part of the roadbed. Based on the obtained analytical solution, a program was compiled in the MatLab package and a numerical calculation was performed for different values of the initial data and an analysis of the results was performed.

The Keywords

Subgrade and road pavement, water-thermal regime, stress-strain state, mathematical modeling,

linear-hereditary creep, forced deformations.

Date of receipt in edition

27.02.2025

Date of acceptance for printing

12.03.2025

Ссылка для цитирования:

Э. К. Агаханов, Г. А. Кадыров, А. К. Магомедов. Моделирование водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 70–80.



УДК 624.012

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_81-89

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БУТОБЕТОННОГО ФУНДАМЕНТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

А. Н. Малахова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва

Аннотация

Бутобетонные фундаменты в настоящее время продолжают использоваться в качестве фундаментов малоэтажных зданий городов России. Правила расчета и конструирования бутобетонных фундаментов, а также их усиления регламентируются СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. В СП 15.13330.2020 приведены рекомендации по построению геометрии бутобетонного фундамента (отношение высоты уступов к их ширине при давлении грунта под подошвой фундамента от 0,25 Мпа), при выполнении которых его материал должен испытывать в основном сжатие от нагрузки, передаваемой на фундамент от кирпичных стен здания. Однако компьютерные исследования напряженного состояния показывают, что в нижней части фундамента могут возникать напряжения, превышающие расчетное сопротивление бутобетона растяжению, что вызывает образование трещин в теле фундамента и приводит к созданию дефектных зон. Поэтому важным является не только предварительный расчет и конструирование бутобетонного фундамента перед его возведением, но и компьютерное моделирование его работы с оценкой напряженно-деформированного состояния, в ходе которого можно обнаружить наличие растягивающих напряжений, сравнить их величину с сопротивлением бутобетона растяжению, чтобы прогнозировать зоны трещинообразования в бутобетонном фундаменте и принять меры по препятствованию их возникновению.

Ключевые слова

Бутобетонные фундаменты; компьютерные исследования напряженного состояния; предварительный расчет и конструирование бутобетонного фундамента; расчетное сопротивление бутобетона растяжению; зоны трещинообразования.

Дата поступления в редакцию

27.02.2025

Дата принятия к печати

12.03.2025

Введение

В первой половине советского построечного периода в основном возводились кирпичные здания, фундаменты которых были кирпичные, бутовые и бутобетонные. Эти фундаменты являлись основными вплоть до 60-х годов 20 века, когда в практике строительства начали активно использоваться сборные конструкции, в частности сборные ленточные фундаменты, составленные из бетонных блоков по ГОСТ 13579, и железобетонных плит ленточных фундаментов по ГОСТ 13580. Конструктивные решения стен и фундаментов жилых и гражданских зданий старой постройки приведены в [1, 2].

В настоящее время жилой фонд, особенно малых городов России, насчитывает значительное количество малоэтажных зданий, в том числе с бутобетонными фундаментами, которые могут нуждаться в усилении. Существуют много способов усиления бутобетонных фундаментов и грунтов основания под ними: традиционных и разработанных в течение последних 50 лет [2, 3]. В современной научно-технической литературе также прослеживается интерес к усилению таких фундаментов [4, 5, 6].

Следует отметить, что бутобетонные фундаменты и сейчас применяются в практике проектирования жилых и общественных зданий малой этажности при достаточно прочных однородных грунтах оснований и умеренном нагружении фундаментов.

Правила расчета и конструирования бутобетонных фундаментов изложены в СП 15.13330.2020. Каменные и армокаменные конструкции. Бутобетон формируется с использованием низкопрочного бутового камня марок по прочности на сжатие М200, М100, М50 по ГОСТ 4001, а также кирпичного боя. Для бутобетонных фундаментов применяются бетоны классов В1,3...В15. При таких прочностных характеристиках материалов расчетное сопротивление сжатию бутобетона фундамента составляет 1,3...4,0 МПа. Таким образом, расчетное сопротивление бутобетона сжатию соизмеримо с расчетным сопротивлением кирпичной кладки 1,5...3,9 МПа с учетом используемых в настоящее время для кладки марок кирпича М100...М300 и марок кладочного раствора М50...М200.

По рекомендации СП 15.13330.2020 уширение бутобетонного фундамента от обреза к подошве должно выполняться уступами высотой не менее 300 мм. При этом минимальное отношение высоты уступов к их ширине при давлении грунта под подошвой фундамента, например от 0,25 Мпа, должно составлять 1,5, то есть ширина уступа должна быть равной 200 мм.

При выполнении указанных рекомендаций по построению геометрии бутобетонного фундамен- та его материал должен испытывать, в основном, сжатие от нагрузки, передаваемой на фундамент от кирпичных стен здания.

Для обеспечения несущей способности бутобетонного фундамента после выполнения статическо- го расчета и определения значений напряжений они сравниваются с расчетным сопротивлением бу- тобетона сжатию, а при возникновении растягивающих напряжений — с расчетным сопротивлением бутобетона растяжению.

В *таблице 1* приведены значения расчетного сопротивления растяжению материала бутобетонно- го фундамента по СП 15.13330.2020 для классов бетона В2,5...В15.

Таблица 1

Расчетное сопротивление бутобетона растяжению, МПа

Вид напряженного состояния	Класс бетона					
	В15	В12,5	В7,5	В5	В3,5	В2,5
Осевое растяжение R_t , главные растягивающие нагружения R_{tw}	0,2	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10
Растяжение при изгибе R_{tb}	0,27	0,25	0,23	0,20	0,18	0,16

В *таблице 2* показаны значения расчетного сопротивления сжатию материала бутобетонного фундамента по СП 15.13330.2020 при марках рваного бутового камня М50...М200 и классах бетона В2,5...В15. При вибрировании бутобетона к расчетному сопротивлению сжатию вводится повышаю- щий коэффициент $k = 1,15$.

Таблица 2

Расчетное сопротивление бутобетона сжатию R , МПа

Марка рваного бутового камня	Класс бетона					
	B15	B12,5	B7,5	B5	B3,5	B2,5
М 200 и выше	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,7
М100	–	–	–	2,2	1,8	1,5
М50 или кирпичный бой	–	–	–	2,0	1,7	1,3

Построение геометрии бутобетонного фундамента выполняется с учетом толщины несущих стен здания, опирающихся на фундамент.

Каменные стены зданий старой постройки имели различные конструктивные решения, например, стены кирпичные сплошные; стены кирпично-засыпные с армированными раствором диафрагмами; стены из легкогобетонных камней; стены из легкогобетонных блоков с кирпичной облицовкой; стены из эффективного кирпича и из керамических блоков; стены из кирпича с оштукатуриванием на откосе или с утеплителем изнутри [1].

Ужесточение требований к тепловой защите наружных ограждающих конструкций зданий, имевшее место в 90-ые годы прошлого столетия, привело к изменению конструктивного решения наружных стен, возводимых в построечных условиях. Стали применять трехслойные стены с внутренним несущим слоем, с применением эффективного утеплителя в среднем слое и с наружным защитно-декоративным слоем в следующих вариантах: с облицовкой каменными кладочными материалами, с навесными фасадами или с их штукатурной отделкой [7, 8, 9].

В СП 15.13330.2020 приведены рекомендации по проектированию кирпичных стен колодезной кладки с вертикальными диафрагмами, объединяющими наружный и внутренний слои кладки. Стены с таким конструктивным решением находят применение при проектировании малоэтажных жилых и общественных зданий [10].

Толщина несущих стен, опирающихся на бутобетонные фундаменты, в зависимости от конструкции внутренних и наружных стен, может быть равной 250...770 мм.

На **рис. 1а** представлена геометрия поперечного сечения ленточного бутобетонного фундамента. Построение геометрии фундамента выполнено с учетом рекомендаций СП 15.13330.2020.

При определении геометрии поперечного сечения фундамента сначала определяется ширина подошвы ленточного фундамента по нагрузке на фундамент и расчетному сопротивлению грунта. В свою очередь высота фундамента зависит от толщины стены, оперяющийся на фундамент, и ширины подошвы. Геометрия фундамента также определяется с учетом соотношения между высотой и шириной ступеней.

Следует отметить, что при расчете ленточного фундамента обычно рассматривается один погонный метр длины фундамента, но может быть принята и другая длина рассчитываемого фрагмента (**рис. 1б**).

Основанием для назначения фрагмента фундамента определенной длины может являться необходимость усиления характеристик материала бутобетонных фундаментов зданий старой постройки инъекцией бетонной смеси мелкозернистого бетона БСМ (ГОСТ 7473-2010) через инъекционные трубки в тело фундамента. Диаметр просверливаемых отверстий для установки инъекторов составляет 25...30 мм с шагом по длине ленточного фундамента 50...100 см. Нагнетаемая под давлением 0,2...0,6

МПа бетонная смесь, проникает в поры и трещины бутобетона и восстанавливает бутобетонные фундаменты зданий старой постройки. При назначении шага инъекторов 50 см длина рассматриваемого фрагмента принимается 50 см.

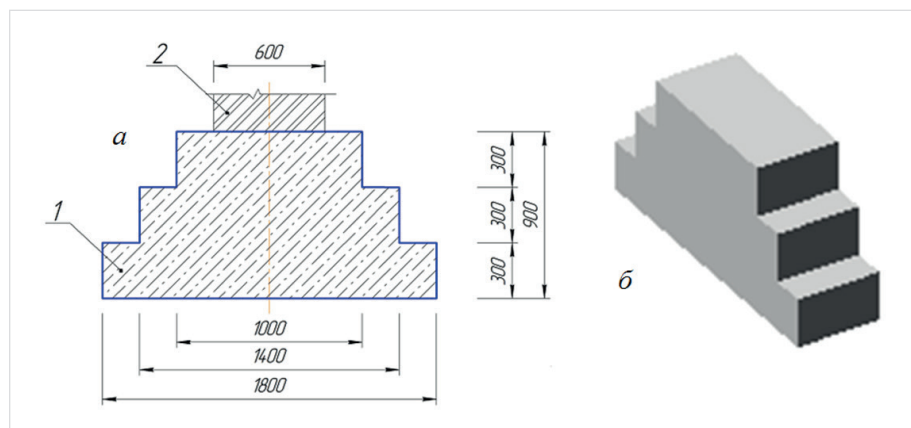


Рис. 1. Геометрические размеры поперечного сечения ленточного бутобетонного фундамента: 1 — фундамент, 2 — кирпичная стена (а); 3D-графика (пространственная модель) рассчитываемого фрагмента ленточного фундамента (б)

Различные варианты конструктивного решения стен определяют ширину верхней части бутобетонного фундамента, величину нагрузки на фундамент.

При возможном появлении в теле бутобетонного фундамента растягивающих напряжений их величины необходимо сравнивать с сопротивлением бутобетона растяжению, чтобы прогнозировать зоны трещинообразования в фундаменте и препятствовать их образованию.

Поэтому важным является не только предварительный расчет и конструирование бутобетонного фундамента перед его возведением, но и компьютерное моделирование его работы с оценкой напряженно-деформированного состояния, чему и посвящена настоящая статья.

Методы и результаты

Для исследования напряженного состояния бутобетонного фундамента в статье рассматривается построение плоской и объемной компьютерных моделей фундамента с использованием программного комплекса ЛИРА [11, 12]: плоской — для ленточного бутобетонного фундамента и объемной — для столбчатого бутобетонного фундамента.

Геометрия плоской компьютерной модели для ленточного бутобетонного фундамента строится с помощью команды генерация плоских фрагментов (стены) с последующей корректировкой (удаление КЭ) прямоугольной модели для прорисовки контуров фундамента.

В диалоговом окне команды жесткости и материалы записываются параметры жесткости для бутобетона:

- модуль деформации бутобетона $E = kE_0 = 0,6 \cdot 8800 = 5280$ МПа, $E_0 = \alpha R_u = 2000 \cdot 4,4 = 8800$ МПа, $R_u = kR = 2 \cdot 2,2 = 4,4$ МПа; ($R = 2,2$ МПа — расчетное сопротивление бутобетона сжатию при марке бутового камня М100 и классе бетона В5);

- коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$;
- толщина $H = 50$ см;
- плотность бутабетона $R_0 = 22$ кН/м³.

Нагружение ленточного бутабетонного фундамента выполнено в двух вариантах.

На **рисунке 2** показан первый вариант нагружения фундамента, когда фундамент нагружается сверху вертикальной нагрузкой от несущей стены, нагрузкой от собственного веса фундамента и нагрузкой от веса грунта, а также дополнительной временной нагрузкой на грунт. Снизу к фундаменту прикладывается давление грунта, уравновешивающее нагружение фундамента сверху.

Также на **рис. 2** представлено распределение напряжений для ленточного бутабетонного фундамента на плоской модели при первом варианте нагружения.

Мозаика напряжений по N_z показывает сжатие материала фундамента по вертикальной оси Z (**рис. 2а**), а мозаика напряжений по N_x показывает растяжение у подошвы фундамента по оси X (**рис. 2б**). При этом напряжения сжатия в фундаменте не превышают расчетное сопротивление бутабетона сжатию R ($0,687 < 2,2$ МПа).

Как видно из **рис. 2б**, усилия растяжения превышают расчетное сопротивление бутабетона растяжению R_{tb} ($0,428 > 0,20$ МПа), что вызовет образование трещин в теле фундамента и может привести к созданию дефектной зоны у подошвы фундамента.

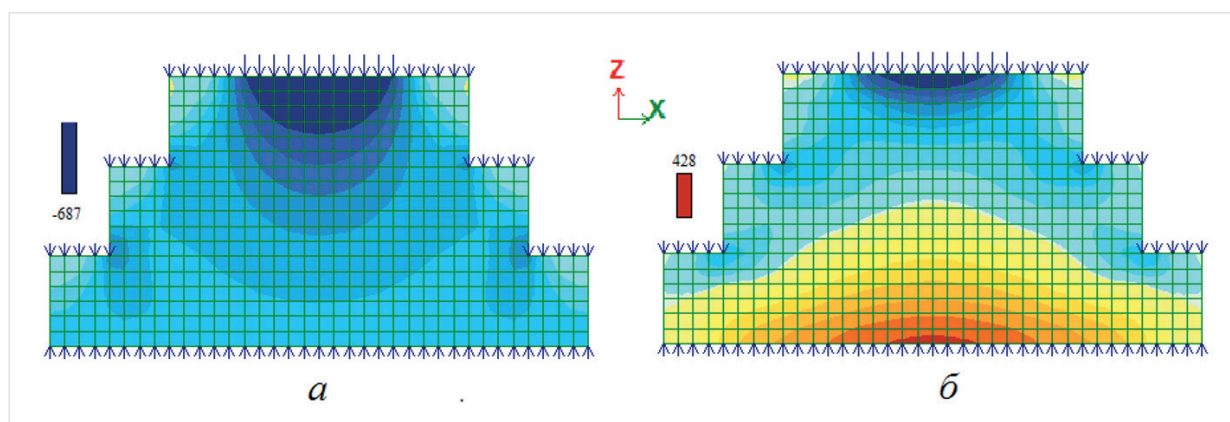


Рис. 2. Распределение напряжений (кН/м²) в бутабетонном фундаменте при его нагружении вертикальной нагрузкой и давлением грунта: **а** — мозаика напряжений по N_z ; **б** — мозаика напряжений по N_x

Распределение напряжений для ленточного бутабетонного фундамента на плоской модели при втором варианте нагружения представлено на **рис. 3**.

Плоская модель бутабетонного фундамента нагружена вертикальной нагрузкой по первому варианту нагружения, но с заданием для основания фундаментов коэффициентов постели $C1$ и $C2$.

Характер мозаик напряжений по N_z и по N_x для первого и второго вариантов напряжений отличаются незначительно, но растягивающие напряжения у подошвы фундамента по варианту 2 достигали меньших значений $0,25 > 0,20$ МПа. При увеличении класса бетона бутабетонного фундамента, например, до В12,5, растягивающие напряжения равны расчетному сопротивлению бутабетона растяжению $0,25 = 0,25$ МПа. Трещины не образуются.

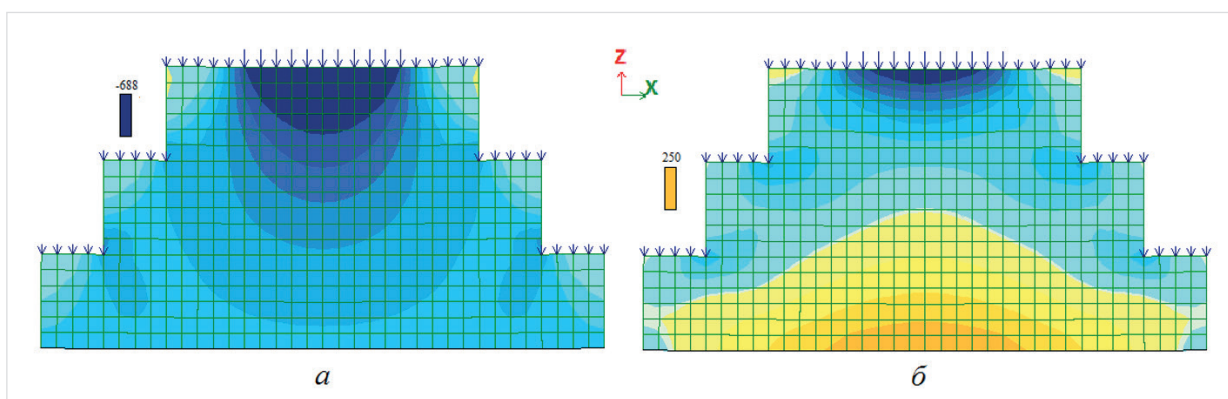


Рис. 3. Распределение напряжений (кН/м^2) в бутобетонном фундамент при его нагружении вертикальной нагрузкой с заданием для основания коэффициентов постели C1 и C2: **а** — мозаика напряжений по N_z ; **б** — мозаика напряжений по N_x

Следует отметить, что для второго варианта построения плоской расчетной модели через коэффициенты постели C1 и C2 учитывается деформирование основания под фундаментом, в то время как для первого варианта к подошве фундамента прикладывается равномерное давление грунта, уравнивающее приложенную вертикальную нагрузку на фундамент. Сравнение результатов полученных напряжений показывает уменьшение величины растягивающих напряжений материала бутобетонного фундамента по второму варианту, что связано с учетом деформаций основания через коэффициенты постели C1 и C2.

Для выполнения статического расчета столбчатого бутобетонного фундамента была построена пространственная расчетная модель из объемных КЭ.

Геометрия модели строится с помощью команды *генерация плоских фрагментов (плита)* с учетом размеров подошвы фундамента с последующим перемещением плиты-образующей для моделирования нижней ступени бутобетонного фундамента (команда *перемещение образующей*). Аналогичным образом строится верхняя ступень расчетной модели.

В диалоговом окне команды *жесткости и материалы* записываются параметры жесткости для бутобетона с учетом использования объемных КЭ, а именно: модуль деформации бутобетона, коэффициент Пуассона, плотность бутобетона.

Как показано на **рисунке 4а**, для нагружения расчетной модели предварительно определялось давление на подошву фундамента от вертикальной нагрузки на фундамент (1). При этом, нагруженный давлением грунта фундамент упирается в основание кирпичного столба, для чего в этой зоне накладываются связи в направлениях X, Y, Z (2). Это традиционная схема нагружения при расчете столбчатых фундамента.

В результате статического расчета в бутобетонном фундаменте установлены вертикальные сжимающие напряжения, не превышающие прочность бутобетона на сжатие, и растягивающие напряжения у подошвы фундамента, превышающие прочность бутобетона на растяжение (**рис. 4б**).

Таким образом, по результатам статического расчета столбчатого бутобетонного фундамента можно сделать следующий вывод: под действием давления грунта изгибается вся подошва фундамента (**рис. 4б**), что приводит к появлению растягивающих напряжений у подошвы, превышающих прочность материала фундамента на растяжение. В то время как принято считать, что изгиб подошвы

должен начинаться от проекции грани кирпичного столба на подошву фундамента (рис. 4з), при этом растягивающие напряжения имеют меньшую величину.

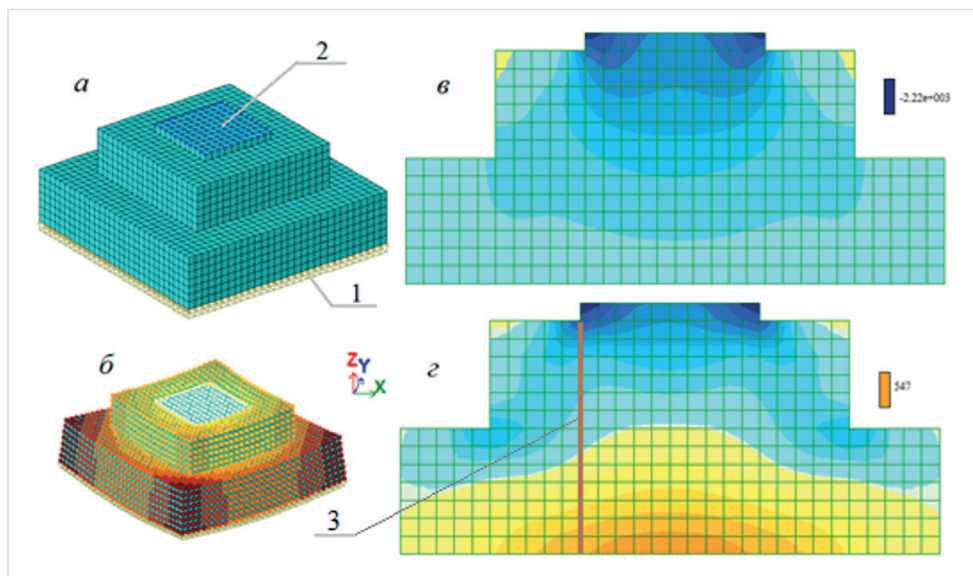


Рис. 4. Расчетная модель столбчатого бутобетонного фундамента из объемных конечных элементов (а): 1 — приложение давления грунта по подошве фундамента, 2 — шарнирное закрепление фундамента по низу кирпичного столба; б — деформирование фундамента (изгиб под действием давления грунта); в — мозаика сжимающих напряжений по N_z (кН/м²); г — мозаика сжимающих и растягивающих напряжений по N_x (кН/м²); 3 — проекция грани кирпичного столба на подошву фундамента

Выводы

1. Для исследования напряженно-деформированного состояния ленточного и столбчатого бутобетонного фундамента, построенных с учетом требований к геометрии фундамента по СП 15.13330.2020, средствами ПК ЛИРА выполнено построение плоской и объемной модели указанных фундаментов.
2. Результаты расчета показали, что ленточные и столбчатые бутобетонные фундаменты в вертикальном направлении испытывают сжатие, при этом возникающие сжимающие напряжения не превышают прочности бутобетона на сжатие. В горизонтальном направлении у подошвы фундамента возникают растягивающие напряжения, которые для некоторых классов бетона превышают прочность бутобетона на растяжение.
3. Появлению растягивающих напряжений у подошвы фундаментов способствует расплывчатость бутобетонных фундаментов, которая уменьшает вертикальные сжимающие усилия к подошве фундамента и тем самым приводит к изгибу всей подошвы фундамента и увеличению растягивающих напряжений.

Библиографический список

1. Конструктивные детали жилых и гражданских зданий. — М., Государственное архитектурное издательство, 1949. 129 с.

2. Иванов И. Т. Конструкции, ремонт и содержание жилых зданий. — М., Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1957. 280 с.
3. Золотозубов Д. Г., Мухин К. О. Проблемы усиления и реконструкции бутовых фундаментов при переустройстве подвалов жилых зданий. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2015. № 2. С. 74–92.
4. Манасыпова А. А., Преснов О. М. Особенности усиления фундаментов при реконструкции зданий // Точная наука. 2022. № 131. С. 27–29.
5. Кириченко М. А. Технология усиления фундаментов и оснований зданий и сооружений // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию ЮЗГУ: Строительство и управление недвижимостью: современное состояние и перспективы развития. Курск, 2024. С. 64–68.
6. Полищук А. И., Демченко В. А. Обобщение практического опыта оценки состояния и усиления фундаментов реконструируемых зданий // Сборник статей по материалам конференции, посвященной 50-летию архитектурно-строительного факультета: Современные векторы развития архитектуры и строительства. Краснодар, 2024. С. 92–96.
7. Гликин С. М. Современные ограждающие конструкции и энергоэффективность зданий. — М., ГУП ЦПП, 2003. 158 с.
8. Малахова А. Н., Балакишин А. С. Применение стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов в несущих стенах зданий средней этажности // Вестник МГСУ. 2013. №1. С. 87–93.
9. Малахова А. Н. Несущая способность и долговечность наружных кирпичных стен зданий // Строительство и реконструкция. №1(99). 2022. С. 29–39.
10. Малахова А. Н. Дефекты наружных стен здания многослойной кирпичной кладки // Вестник МГСУ. 2014. №11. С. 107–117.
11. Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. — М. Издательство АСВ, 2009. 360 с.
12. Водопьянов Р. Ю., Титок В. П., Артамонова А. Е., Ромашкина М. А. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Под редакцией Городецкого А.С. — Электронное издание, 2017. 535 с.

COMPUTER MODELING OF RUBBLE-CONCRETE FOUNDATION AND RESEARCH OF ITS STRESS STATE

A. N. Malakhova

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow

Abstract

Rubble-concrete foundations are currently still used as foundations for

The Keywords

Rubble-concrete foundations;

low-rise buildings in Russian cities. The rules for the calculation and design of rubble-concrete foundations, as well as their strengthening, are regulated by the Code of Rules 15.13330.2020. Stone and reinforced stone structures. SP 15.13330.2020 provides recommendations for constructing the geometry of a rubble-concrete foundation (the ratio of the height of the ledges to their width with a soil pressure under the sole of the foundation of 0.25 MPa), during which its material should experience mainly compression from the load transferred to the foundation from the brick walls of the building. However, computer research of the stress state show that stresses exceeding the design tensile resistance of rubble-concrete can occur in the lower part of the foundation, which causes cracks to form in the foundation body and leads to the creation of defective zones. Therefore, it is important not only to perform preliminary calculations and design of the rubble concrete foundation before its construction, but also to perform computer modeling of its operation with an assessment of the stress-strain state, during which it is possible to detect the presence of tensile stresses, compare their magnitude with the resistance of rubble concrete to stretching, in order to predict crack formation zones in the rubble-concrete foundation and take measures to prevent their occurrence.

computer research of the stress state; preliminary calculations and design of the rubble concrete foundation; calculated tensile strength of rubble-concrete; crack formation zones.

Date of receipt in edition

27.02.2025

Date of acceptance for printing

12.03.2025

Ссылка для цитирования:

А. Н. Малахова. Компьютерное моделирование бутобетонного фундамента и исследование его напряженного состояния. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 81 – 89.



УДК 697

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_90-96

ТЕПЛОВЫЕ МОСТЫ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ

Н. Н. Обухов
В. Л. Кашинцева

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва

Аннотация

В статье рассматривается актуальная проблема тепловых мостов в строительстве и их значительное влияние на энергоэффективность зданий. Особое внимание уделяется нормативно-правовой базе, регулирующей требования к тепловой защите зданий. Результатом исследования является обоснование необходимости детального анализа тепловых мостов на стадии проектирования и строительства зданий. Представлены современные методы расчета тепловых мостов и рекомендации по их минимизации. Подчеркивается важность выбора оптимальных конструктивных решений и материалов для снижения теплопотерь через тепловые мосты.

Ключевые слова

Тепловые мосты, энергоэффективность, здания, теплопередача, строительные конструкции, теплоизоляция, расчет, нормативные документы.

Дата поступления в редакцию

23.03.2025

Дата принятия к печати

04.04.2025

Тепловыми мостами называются зоны строительных конструкций, где происходят локальные изменения теплопередачи вследствие особенностей геометрии, структуры или материалов. Изменения приводят к повышению уровня теплообмена между различными элементами здания, что особенно заметно в периоды нагревания окружающей среды. Данное явление сопровождается увеличением утечек тепловой энергии относительно соседних участков и значительным снижением температурного режима внутренних поверхностей, что потенциально способно спровоцировать образование конденсата и последующее развитие плесневых колоний.

Несмотря на стремление к созданию идеальных условий эксплуатации, на практике полностью исключить наличие тепловых мостов в конструкциях зданий невозможно. При повышении стандартов теплоизоляционных характеристик, уменьшение тепловых потерь через плоскостные элементы становится менее выраженным, однако, если соединения отдельных элементов конструкции выполнены недостаточно качественно, доля общего снижения теплоизоляционного эффекта возрастает [1]. Таким образом, с улучшением изоляционных параметров, значимость учета тепловых мостов существенно увеличивается, поскольку они становятся основным источником потенциальных проблем в ходе проектирования и оценки энергоэффективности зданий.

Применение специальных инженерных решений дают возможность минимизировать воздействие большинства тепловых мостов таким образом, чтобы снизить общие дополнительные потери тепла до минимального уровня, исключая возникновение каких-либо дефектов, разрушений или неблагоприятных последствий для здоровья людей. Следовательно, при разработке проектов энергоэффективных жилых объектов следует учитывать два ключевых принципа: «невозможно создать здание абсолютно без тепловых мостов» и «повышение качества теплоизоляции требует оптимизации тепловых мостов».

Оценка тепловых мостов представляет собой одну из важнейших задач специалистов в области энергоэффективности, играя решающую роль в выборе оптимальной стратегии теплоизоляции при создании современных энергоэффективных строений.

Современное проектирование зданий с повышенными требованиями к энергоэффективности неизбежно сталкивается с необходимостью детального анализа теплофизических процессов, протекающих в конструкциях. Особое внимание уделяется расчету тепловых мостов — локальных зон повышенной теплопроводности, формирующихся в узлах сопряжения различных строительных материалов [2].

Тепловые мосты представляют собой существенный фактор, снижающий эффективность теплоизоляции зданий. В условиях значительного температурного градиента между внутренней и внешней средой, в зоне теплового моста происходит интенсивный теплообмен, приводящий к локальному снижению температуры внутренних поверхностей и, как следствие, к риску образования конденсата и развития процессов коррозии и биопоражения [3].

Проблема обеспечения энергоэффективности в строительной отрасли приобретает все большую актуальность в контексте глобальных тенденций к снижению энергопотребления и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Инициативы, направленные на повышение энергоэффективности зданий и сооружений, находят широкую поддержку не только со стороны частных застройщиков, но и на государственном уровне во многих странах мира, включая Российскую Федерацию [4].

В Российской Федерации законодательная база, регулирующая вопросы энергоэффективности в строительстве, постоянно совершенствуется. Ключевыми нормативно-правовыми актами в данной сфере являются:

Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности». Данный закон определяет основные принципы государственной политики в области энергосбережения, устанавливает требования к энергетической эффективности зданий, сооружений и инженерных систем, а также определяет полномочия федеральных органов исполнительной власти и органов государственной власти субъектов Российской Федерации в данной сфере [5].

Постановление Правительства Российской Федерации от 27 сентября 2021 года № 1628. Данный нормативный акт устанавливает требования к энергетической эффективности зданий, строений, сооружений и определяет правила классификации многоквартирных домов по классам энергетической эффективности. Введение данного постановления направлено на стимулирование строительства энергоэффективных зданий и повышение энергоэффективности существующего жилищного фонда [6].

Таким образом, государственная поддержка и развитие нормативно-правовой базы создают благоприятные условия для реализации проектов по повышению энергоэффективности в строительной отрасли. Систематическое совершенствование законодательства в данной сфере способствует повышению энергоэффективности зданий и сооружений, снижению энергопотребления и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

С введением обновленных нормативных документов, таких как СП 50.13330.2012, расчет тепловых мостов стал обязательным требованием при проектировании зданий [7].

В соответствии с СП 50.13330.2012, трансмиссионный тепловой поток Φ здания с температурой воздуха внутри и снаружи рассчитывают по формуле:

$$\Phi = H_T - (v_i - v_e), \quad (1)$$

где H_T — условный коэффициент трансмиссионного переноса теплоты.

Однако, существующие методики расчета имеют ряд ограничений. В частности, недостаточно полно раскрыты вопросы моделирования тепловых процессов в сложных конструкциях, таких как узлы примыкания к грунту или неотапливаемым помещениям. Кроме того, отсутствуют четкие рекомендации по учету геометрических особенностей тепловых мостов, что может существенно влиять на точность результатов расчета.

Несмотря на определенные сложности, связанные с расчетом тепловых мостов, их учет является необходимым условием для создания энергоэффективных и долговечных зданий. Современные программные комплексы для теплотехнического анализа могут проводить детальные расчеты температурных полей в зданиях, чтобы оценить влияние различных факторов на теплопотери, а также оптимизировать конструктивные решения.

Возводимые здания должны быть построены таким образом, чтобы влияние конструктивных тепловых мостов на годовую потребность в отоплении было как можно ниже «в соответствии с правилами технологии и экономически обоснованными мерами в каждом конкретном случае».

Процедура энергетического баланса требует, чтобы потери тепла из-за линейных тепловых мостов (линейных соединений между плоскими компонентами) также учитывались при оценке потребности в первичной энергии. Следующие тепловые мосты всегда должны быть в энергетической оценке здания [8, 9]:

- создание кромок
- круговые откосы на окнах и дверях
- цокольные и фасадные соединения
- кровельные соединения
- интеграция стен и потолков
- потолочная опора
- соединения балконных плит и других консольных элементов

При учете дополнительных потерь тепла, возникающих вследствие передачи тепловой энергии через тепловые мосты в ограждающей конструкции здания, возможно использование различных методов компенсации этих теплопотерь. Одним из способов является применение фиксированных значений дополнительной удельной теплопроводимости (ΔUWB), которая может варьироваться в зависимости от конкретных условий эксплуатации и конструктивных особенностей элементов здания [10].

В частности, для стандартных случаев, когда отсутствует точная верификация параметров теплопередачи, рекомендуется принимать значение $\Delta UWB = 0,10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Для наружных компонентов зданий с внутренней теплоизоляцией и встроенными сплошными перекрытиями, где вероятность возникновения тепловых мостов выше, целесообразно увеличить величину до $\Delta UWB = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Тепловые мосты, возникающие в местах соединений строительных конструкций, могут классифицироваться по категориям А и В, причем категория В представляет собой новый стандарт, характеризующийся более высокими показателями качества.

В случаях, когда все соединения тепловых мостов отвечают требованиям минимального уровня качества категории А, допустимо снижение значения $\Delta UWB = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Если же качество соединений соответствует более высоким стандартам категории В, то дополнительное сопротивление теплопередаче может быть уменьшено до $\Delta UWB = 0,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Альтернативный подход предполагает использование проектных решений, основанных на применении коэффициента теплопередачи, учитывающего длину теплового моста, с учетом поправки на возможное несоответствие проектным решениям или отсутствие включения существующих тепловых мостов в расчеты ($0,03$ или $0,05 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$).

При использовании упрощенного подхода к оценке теплопотерь через тепловые мосты, ранее применявшегося в практике проектирования, принято считать коэффициент дополнительного сопротивления теплопередаче (ΔUWB) равным $0,05 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Однако данный метод может применяться лишь в том случае, если все элементы конструкции здания, а также, если соединения тепловых мостов, соответствуют хотя бы минимальным требованиям категории А.

Если же здание спроектировано таким образом, что все его компоненты полностью удовлетворяют критериям категории В, то становится возможным использование совершенного метода расчета, основанного на общем подходе к учету тепловых мостов. Данный подход поможет снизить значение коэффициента ΔUWB до $0,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, который приводит к сокращению затрат на компенсацию теплопотерь примерно на 40%. Такая оптимизация особенно актуальна при разработке проектов энергоэффективных зданий, поскольку она способствует повышению их энергетической эффективности и снижению финансовых затрат на реализацию мероприятий по утеплению.

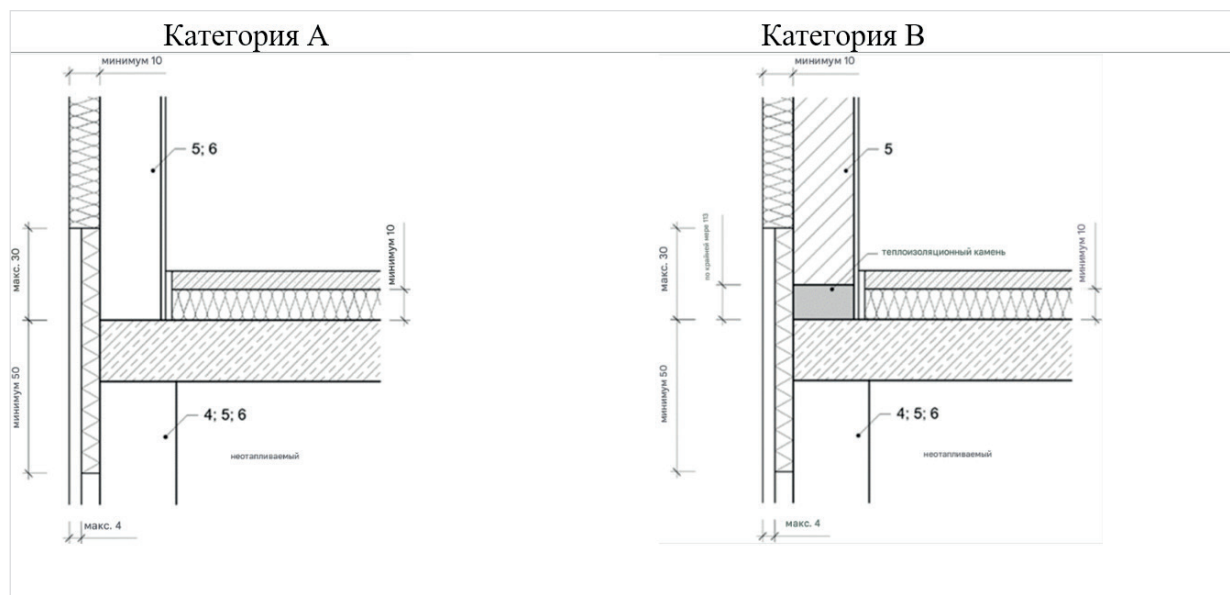


Рис. 1. Пример плана соединения наружной стены с потолком подвала (конструкция с наружной изоляцией)

Использованные материалы для планирования соединения наружной стены с потолком подвала (конструкция с наружной изоляцией) представлены в **табл. 1**.

Таблица 1

Использованные материалы для планирования соединения наружной стены с потолком подвала (конструкция с наружной изоляцией)

1		Теплоизоляция (общая)	0,035 ^a
2		Изоляция периметра (теплоизоляция от грунта)	0,040 ^b
3		Каменная кладка	≤ 0,014
4			0,12 ≤ λ ≤ 0,21
5			0,14 ≤ λ ≤ 1,3
6		Железобетон	2,3

Различия между категориями А и В тепловых мостов в данном примере планировки обусловлены наличием теплоизоляционного камня в основании кладки. Все остальные параметры, такие как слои изоляции и геометрическая привязка, остаются неизменными, а железобетон может использоваться в качестве основного материала для возведения стен категории А. Применение железобетона в конструкциях наружных стен с теплоизоляцией, и учет внутренней несущей оболочки являются ключевыми аспектами данного принципа проектирования.

Данный подход может быть эффективно применен для анализа множества соединений тепловых мостов в уже существующих зданиях, что существенно облегчает процесс оценки тепловых мостов при реконструкции и модернизации энергоэффективных жилых объектов. Важно подчеркнуть, что ограничение толщины слоя утеплителя сверху больше не является обязательным условием, что значительно уменьшает трудоемкость расчетов тепловых мостов, особенно в условиях повышенных требований к энергоэффективности зданий.

Заключение (выводы)

Применение данных подходов к расчетам тепловых мостов минимизирует дополнительные теплотери, чтобы улучшить общую энергоэффективность здания. Расчет тепловых мостов состоит из анализа температурных полей, определения коэффициентов теплопередачи и учета влияния каждого элемента конструкции на общие теплотери здания.

Важным этапом в процессе оптимизации теплозащитных свойств здания является выбор соответствующих материалов и технологий утепления. Например, использование современных теплоизоляционных материалов с низким коэффициентом теплопроводности помогает уменьшить толщину утеплительного слоя, сохраняя при этом высокие показатели термического сопротивления. Также важно правильно выбирать места установки теплоизоляции, избегая образования так называемых «тепловых разрывов».

Кроме того, необходимо учитывать влияние внешних климатических условий на эффективность работы системы отопления и охлаждения здания. Например, в регионах с холодным климатом особое

внимание должно уделяться защите от проникновения холодного воздуха через оконные и дверные проемы, а также через стыки и швы в стенах и крыше.

В заключение стоит отметить, что комплексный подход к проектированию и строительству энергоэффективных зданий, составляет тщательный расчет тепловых мостов, правильный выбор материалов и технологий, а также учет климатических условий, чтобы создать комфортные условия проживания при минимальных затратах на отопление и охлаждение здания.

Библиографический список

1. *Широченко, К. А.* Проблема энергосбережения в зданиях и пути ее решения / *К. А. Широченко, Т. В. Федюнина* // Научная жизнь. — 2015. — № 2. — С. 1421.
2. ISO 13789 Thermal performance of buildings — Transmission and ventilation heat transfer coefficients — Calculation method (Теплотехнические характеристики зданий. Коэффициенты трансмиссионного и вентиляционного переноса теплоты. Метод расчета).
3. *Тугулева, К. В.* Построение тепловых мостов (изотерм) в толще наружных стен с применением BIM-технологий / *К. В. Тугулева* // Строительные конструкции, здания и сооружения. — 2023. — № 3(4). — С. 44 – 52.
4. *Боронбаев, Э. К.* Целесообразное сопряжение междуэтажного перекрытия с наружной стеной при требуемой сейсмостойкости и энергоэффективности зданий / *Э. К. Боронбаев, К. Н. Холматов* // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. — 2020. — № 2. — С. 11 – 16.
5. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция).
6. Постановление Правительства РФ от 27.09.2021 N 1628 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».
7. *Савельева, Д. С.* Особенности расчета тепловых мостов для стандартизированных узлов примыкания стропильных систем к вертикальным несущим конструкциям здания / *Д. С. Савельева* // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых: Сборник материалов научно-практических конференций, Владимир, 18 марта – 05 апреля 2019 года. — Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2019. — С. 585 – 590.
8. *Лапа М. В.* Обеспечение энергоэффективности зданий / *М. В. Лапа, М. В. Двоеглазова, И. С. Печенкин, Ю. Б. Лапа* // Технические науки и технологии. — 2017. — № 1(7). — С. 225 – 233.
9. СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий».
10. *Малютин, И. А.* Современные методы повышения энергоэффективности зданий и европейский опыт энергосбережения / *И. А. Малютин* // The World of Science Without Borders, 11 февраля 2022 года, 2022. — Р. 427 – 430.

THERMAL BRIDGES, THEIR IMPACT ON THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

N. N. Obukhov
V. L. Kashintseva

Dagestan State Technical University, Makhachkala

Abstract

The article considers the current problem of thermal bridges in construction and their significant impact on the energy efficiency of buildings. Particular attention is paid to the regulatory framework governing the requirements for thermal protection of buildings. The result of the study is the justification of the need for a detailed analysis of thermal bridges at the stage of design and construction of buildings. Modern methods for calculating thermal bridges and recommendations for their minimization are presented. The importance of choosing optimal design solutions and materials to reduce heat loss through thermal bridges is emphasized.

The Keywords

Thermal bridges, energy efficiency, buildings, heat transfer, building structures, thermal insulation, calculation, regulatory documents.

Date of receipt in edition

23.03.2025

Date of acceptance for printing

04.04.2025

Ссылка для цитирования:

Н. Н. Обухов, В. Л. Кашинцева. Тепловые мосты, их влияние на энергоэффективность зданий. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 90–96.



УДК 624.07

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_97-103

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОГИБОВ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БАЛОЧНЫХ КЛЕТОК

А. Н. Панин

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация

Объектом исследования является один из ключевых параметров, определяющих эксплуатационную пригодность конструкций. Цель настоящей статьи — оценка величин перемещений конструктивных элементов балочной клетки из металлических балок, проведение их сравнения с установленными предельно допустимыми значениями прогибов из последних выпусков СНиП и действующих в настоящее время СП (сравнивались только прогибы, соответствующие эстетико-психологическим и конструктивным требованиям норм проектирования). Межбалочное заполнение клетки предполагается в виде железобетонной монолитной плиты. Собственная жесткость плиты при этом не учитывается. Актуальность обосновывается основной ролью данного показателя в оценке надежности, безопасности и долговечности зданий и сооружений в целом. Чрезмерные прогибы могут привести к трещинам в материале самих конструкциях или отделочных материалах, нарушению геометрии конструкции и даже к аварийному состоянию здания. Методы исследования: аналитические и эмпирические, теоретические расчеты и работа с нормативными документами. Основные результаты исследования состоят контроле и правильном выборе величины прогибов, которые, как правило, ограничиваются исходя из эстетико-психологических и физиологических требований норм.

Ключевые слова

Контроль прогибов, предельные состояния, эксплуатационная пригодность конструкций, балочная клетка, собственная жесткость плиты.

Дата поступления в редакцию

21.04.2025

Дата принятия к печати

26.04.2025

Введение

Прогиб — это вертикальное перемещение определенной точки конструкции относительно ее проектного положения, возникающее под воздействием сосредоточенных или распределенных нагрузок. Определение прогибов конструкций и сравнение их с предельно допустимыми значениями выполняются в ходе расчетов по второй группе предельных состояний II ГПС [1].

Прогиб — один из ключевых параметров, определяющих эксплуатационную пригодность конструкций. Этот показатель играет важную роль в оценке надежности, безопасности и долговечности зданий и сооружений в целом. Контроль прогибов производится на всех этапах «жизни» здания — проектирования, строительства и эксплуатации строительных объектов. Ограничение величин прогибов связано с тем, чтобы, во-первых, предотвратить появление затруднений в эксплуатации механизмов

и оборудования (например, мостовых кранов), во-вторых, исключить неблагоприятное эстетическое и эмоциональное воздействие на человека от вида больших прогибов, которые в обычном понимании ассоциируются с недостаточной надежностью конструкций. Чрезмерные прогибы могут привести к трещинам в материале самих конструкциях или отделочных материалах, нарушению геометрии конструкции и даже к аварийному состоянию здания.

Цель настоящей статьи — оценка величин перемещений конструктивных элементов балочной клетки из металлических балок, проведение их сравнения с установленными предельно допустимыми значениями прогибов из последних выпусков СНиП [1, 3–5] и действующих в настоящее время СП [2] (сравнивались только прогибы, соответствующие эстетико-психологическим и конструктивным требованиям норм проектирования). Межбалочное заполнение клетки предполагается в виде железобетонной монолитной плиты. Собственная жесткость плиты при этом не учитывается.

Материалы и методы

Расчеты любых строительных конструкций проводятся по двум группам предельных состояний ГПС [1].

Предельное состояние (ПС) — это состояние конструкции (сооружения), при котором она перестаёт удовлетворять эксплуатационным требованиям [1]. При достижении первой группы предельного состояния I ГПС [1] напряжения в материалах конструкций достигают расчетных сопротивлений, а стадия разрушения характеризуется напряжениями, значительно превышающими расчетные сопротивления. Условно эти напряжения в материалах в стадии разрушения называются нормативными сопротивлениями. Разница между нормативными и расчетными сопротивлениями, в соответствии с нормами, определяется коэффициентом надежности γ по материалам. Для предельного состояния первой группы $\gamma > 1,0$, а для II ГПС — $\gamma = 1,0$, и тогда $R_s = R_{sn} : \gamma$. Поэтому в расчетах должны быть четко разграничены фактически действующие на рассматриваемые конструкции нормативные и расчетные нагрузки в зависимости от того, какие эксплуатационные качества конструкций (прочность или несущая способность, их жесткость, трещиностойкость, долговечность и т. п.) определяются.

При оценке больших по величине деформаций (прогибов) конструкций следует учитывать то обстоятельство, что, хотя и прочность, и жесткость конструкций обуславливается действием внешних нагрузок, однако, исчерпание несущей способности (I ГПС) не соответствует одновременному достижению конструкцией предельно допустимого прогиба, и наоборот. Поэтому расчеты по первой и второй группам предельных состояний производятся раздельно и независимо друг от друга.

Предельные прогибы элементов конструкций покрытий и перекрытий, ограничиваемые исходя из технологических, конструктивных и физиологических требований, следует отсчитывать от изогнутой оси, соответствующей состоянию элемента в момент приложения нагрузки, от которой вычисляется прогиб, а ограничиваемые исходя из эстетико-психологических требований — от прямой, соединяющей опоры этих элементов п. 15.2.1 [2] (см. также Д.1.7 приложения Д).

Расчетные ситуации, для которых следует определять прогибы и перемещения и соответствующие им нагрузки, должны приниматься в зависимости от того, исходя из каких требований производят расчет. Каждое из указанных требований должно быть выполнено независимо от других. Как правило, прогибы ограничиваются исходя из эстетико-психологических и физиологических требований. В отдельных случаях учитываются конструктивные или технологические требования.

Нормы проектирования (СНиП, СП) устанавливают предельные прогибы и перемещения несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений при их расчете независимо от применяемых строительных материалов.

Невыполнение нормативных требований по II ГПС обычно не влечёт за собой необратимых последствий, но может служить сигналом о недостаточной несущей способности сечения (например, видимые на глаз прогибы железобетонных плит перекрытия могут свидетельствовать о недостаточной несущей способности сечений этих плит). Важно отметить, что характерные видимые прогибы (менее 1/100) необязательно свидетельствуют о перегрузке конструкций.

Основная часть

Обычные классические перекрытия балочного типа в качестве несущих элементов используют систему балок — главных и второстепенных, при этом главные балки воспринимают нагрузки (опорные реакции) от второстепенных балок. Допускается, что главные и второстепенные балки под действием нагрузок деформируются независимо друг от друга, однако нужно учитывать то обстоятельство, что опоры второстепенных балок будут при этом смещаться вместе с главной балкой (рис. 1). Однако смещение опор — это не есть прогиб второстепенной балки.

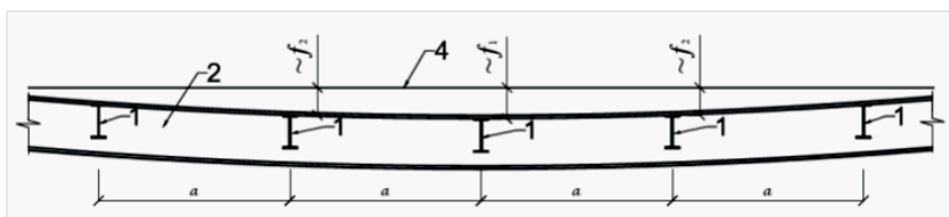


Рис. 1. Деформации главной балки. К определению перемещений главных (п. 2) и второстепенных (п. 1) балок

Второстепенные балки испытывают под действием нагрузки еще и собственный прогиб. Поэтому перемещение определенной точки второстепенной балки будет равна смещению опор из-за прогибов главных балок плюс собственная деформация.

Фактически же, когда производится расчет балочной клетки, в соответствии с требованиями норм определяются прогибы для каждого ее элемента отдельно, а не суммарный прогиб всего перекрытия. Цель проводимых расчетов по нормам, чтобы прогибы и второстепенных, и главных балок не превышали предельно допустимые величины так, чтобы каждый элемент балочной клетки мог работать в соответствии со своим назначением, тогда и все перекрытие будет работать должным образом.

Прогиб балок рассчитывается по формуле:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI_x} < [f].$$

В трактовке СНиП II-23-81* [1] были введены ограничения на предельно допустимые в условиях эксплуатации прогибы: прогибы главных металлических балок не должны превышать 1/400 пролета l , а прогибы второстепенных (прочих балок, по терминологии [1]) не должны превышать 1/250 пролета l_1 (рис. 2).

При этом форма прогиба балок от действия на перекрытие равномерно распределенной нагрузки соответствует параболам, а деформированная, например, железобетонная монолитная плита межбалочного заполнения или потолок перекрытия представляет собой поверхность двоякой кривизны вогнутостью вниз. Вертикальное перемещение центральной точки 1, расположенной на пересечении диагоналей AC и BD квадратного или прямоугольного пола плиты ABCD или потолка относительно

неподвижных опор A, B, C, D (**Рис. 2**) будет составлять в предположении достижения конструктивными элементами предельных прогибов:

$$f_1 = \frac{1}{400}l + \frac{1}{250}l_1 \text{ и при } l = l_1; \quad f_1 = \left(\frac{1}{400} + \frac{1}{250}\right)l = \frac{6,5}{1000}l = \frac{1}{154}l,$$

где l, l_1 — расчетные пролеты главных и второстепенных балок (**рис. 2**).

Следовательно, для плиты потолка перекрытия ABCD предельно допустимая величина прогиба составит $f_1 = \frac{1}{154}l$, при $l = l_1$; $f_{ГБ} = \frac{1}{400}l$ и $f_{ВБ} = \frac{1}{400}l$.

Здесь l — расчетный пролет.

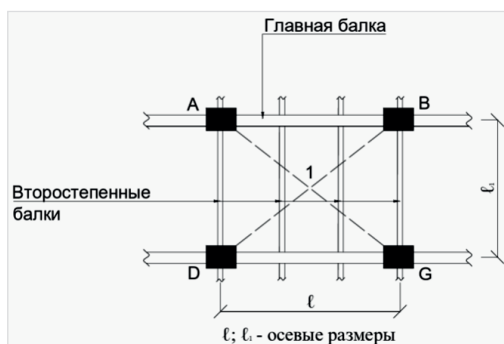


Рис. 2. Фрагмент перекрытия с указанием главных и второстепенных балок

В связи с тем, что в действующем СП [2] предельные прогибы главных и второстепенных балок перекрытий отдельно не дифференцируются, применим использованный выше подход для оценки предельного прогиба железобетонной монолитной плиты межбалочного заполнения. Вертикальные предельные прогибы элементов конструкций — «балок, ферм, ригелей, прогонов, плит, настилов (включая поперечные ребра плит и настилов) покрытий и перекрытий, открытых для обзора», при пролете $l = 6$ м принимается равным соотношению $(1/200)l$ [2]. Тогда при $l = l_1$; $f_1 = \left(\frac{1}{200} + \frac{1}{200}\right)l = \frac{1}{100}l$.

Нередко в перекрытиях роль главных балок, на которые обычно опираются второстепенные балки, выполняют практически недеформируемые, жесткие в своей плоскости, продольные или поперечные кирпичные стены. В этом случае деформированная поверхность плоского потолка с опиранием на две стены будет представлять собой цилиндрическую поверхность. В этом случае деформации плиты (потолка) ограничиваются предельно допустимым прогибом металлических (второстепенных) балок, если пренебрегать жесткостью самой плиты.

О том, что большие деформации (прогибы) элементов не следует отождествлять с недостаточной прочностью и что допустимые прогибы больше указанных величин, свидетельствует п. 4.14 отмененных сейчас СНиП II-V.1-62* [3]: «Если в нижележащем помещении с гладким потолком имеются расположенные поперек пролета элемента l постоянные перегородки (не являющиеся опорами) с расстоянием между ними l_1 , то прогиб элемента в пределах расстояния l_1 (отсчитываемый от линии, соединяющей верхние точки осей перегородок), может быть допущен до $(1/200)l_1$, однако при этом предельный прогиб всего элемента должен быть не более $(1/150)l$ ». В более поздних выпусках СНиП II-21-75 [4] и СНиП 2.01.07-85* [5] эта норма прогибов исключена.

В соответствии с п. Д.1.7. [2] указанный выше пункт требований переписан следующим образом: «При наличии между стенами капитальных перегородок (практически той же высоты, как и стены) значения l в поз. 2,а таблицы Д.1 следует принимать равными расстояниям между внутренними поверхностями стен (или колонн) и этими перегородками (или между внутренними поверхностями пе-

регородок, рисунок Д.1) [2]». Для промежуточных значений l в позиции 2, перечисление а), предельные прогибы следует определять линейной интерполяцией, учитывая требования Д.1.7 приложения Д [2].

В пункте Д.1.6 [2] (в настоящее время пункт из СП исключен) указывается, что «... прогиб элементов покрытий и перекрытий, ограниченный исходя из конструктивных требований, не должен превышать расстояния (зазора) между нижней поверхностью этих элементов и верхом перегородок, витражей, оконных и дверных коробок и других конструктивных элементов, расположенных под несущими элементами».

Как следует из вышесказанного, требует расшифровки понятие «расчетный» пролет. В обычном понимании за расчетный пролет изгибаемого элемента, опирающегося или заделанного концами в кирпичные стены, принимают расстояние между серединами заделки концов элементов в стены. В действительности (что более точно), расчетный пролет — это расстояние между точками приложения опорных давлений. Точка же приложения опорного давления, например, металлической балки, опирающейся на стены, зависит от характера передачи нагрузки на кирпичную кладку, зависит от характера эпюры напряжений в кладке под концами балок.

В этом отношении следует рассматривать несколько типов эпюр давления в зависимости от жесткости балок при заделке их на глубину a_3 в стену по схемам:

1. Балка обладает большой жесткостью и почти не деформируется под действием внешней нагрузки. Напряжения в кладке распределяются по закону прямоугольника (рис. 3, а). Опорное давление приложено на расстоянии $a_3/2$ от внутренней грани стены.
2. При достаточно большой жесткости балки возможна эпюра давления в виде трапеции. Расстояние до точки приложения опорного давления $a_1 < a_3/2$ от внутренней грани стены (рис. 3, б).
3. При невысокой жесткости балки, способной деформироваться (прогибаться), эпюра напряжения в кладке может иметь треугольное очертание. Точка приложения опорного давления расположена на расстоянии $a_3/3$ от внутренней грани стены (рис. 3, в).
4. При невысокой жесткости балки и защемлении ее в кирпичной кладке эпюра напряжений может быть двухзначной (рис. 3, г). Как правило, обычно балка укладывается в гнезда свободно, без защемления.

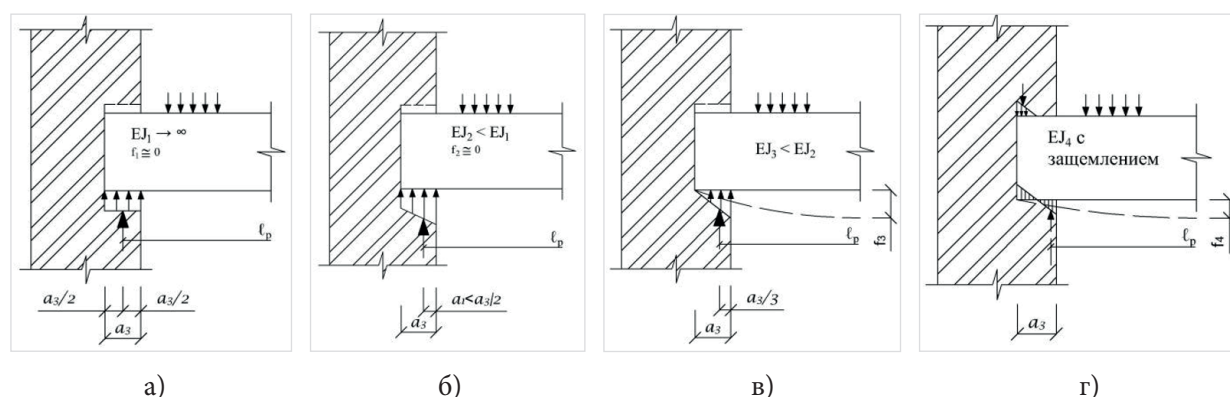


Рис. 3. К определению расчетных длин балок

В общем случае глубина заделки балок в кирпичную кладку стен определяется расчетом прочности стен при местном сжатии (смятии). Конструктивно же глубина заделки принимается не менее: для балок высотой до 500 мм — не менее половины высоты балки и не менее 250 мм (1 кирпич). При высоте балки более 500 мм — не менее половины высоты и, кратно размерам кирпича, не менее 380 мм (полтора кирпича).

В соответствии с п. 6.10 СНиП II-22-81* [6], исходя из треугольной эпюры напряжений под концом балки при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления, «допускается принимать расстояние от точки приложения опорной реакции прогонов, балок, настилов до внутренней грани стены равным одной трети глубины заделки, но не более 7 см».

Таким образом, расчетный пролет балки равен пролету в свету между стенами, увеличенному на $7 \times 2 = 14$ см.

$l_p = l_0 + 14$ см, где l_0 — пролет в свету между гранями стен.

При ограничении прогибов эстетико-психологическими требованиями допускается пролет l принимать равным расстоянию между внутренними поверхностями несущих стен (или колонн).

Выводы

Контроль предельных прогибов — важная часть проектирования строительных конструкций, работающих на изгиб. Превышение допустимых значений может привести к деформациям и снижению долговечности конструкции. При расчетах необходимо учитывать нормативные требования, материал балок и характер нагрузок, в том числе, длительность приложения нагрузок.

Величины прогибов, как правило, ограничиваются исходя из эстетико-психологических и физиологических требований норм.

Согласно требований действующего СП [2] суммарный прогиб балочной клетки (в точке 1) в предположении достижения конструктивными элементами предельных прогибов будет составлять $(1/100)l$ при одинаковых пролетах главных и второстепенных балок $l = l_1$, в то время как суммарный прогиб, определенный в соответствии с требованиями из последних выпусков СНиП [2], составляла $(1/154)l$. Стоит отметить, что суммарный прогиб в $(1/100)l$ определен в нормах [2] как «характерный видимый прогиб».

Библиографический список

1. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. — 96 с.
2. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (утв. Приказом Минстроя России от 03.12.2016 № 891/пр) (ред. от 30.12.2020). М.: 2021.
3. СНиП II-B.1-62*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. — М.: Гос. Изд-во литературы по стр-ву, арх-ре и строительным материалам, 1962. — 102 с.
4. СНиП II-21-75. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 21. Бетонные и железобетонные конструкции. — М.: Госстрой СССР, 1976. — 108 с.
5. СНиП 2.01.07-85*. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. — М.: ФГУП ЦПП, 2005. — 44 с.
6. СНиП II-22-81*. Строительные нормы и правила. Каменные и армокаменные конструкции. — Госстрой России. — М.: ФГУП ЦПП, 2004. — 40 с.

TO DETERMINE THE DEFLECTIONS OF STRUCTURAL ELEMENTS OF BEAM CAGES

A. N. Panin

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

Abstract

The object of the study is one of the key parameters that determine the operational suitability of structures. The purpose of this article is to evaluate the displacement values of structural elements of a girder cage made of metal beams, and to compare them with the established maximum allowable deflection values from the latest editions of the SNiP and the current joint venture (only deflections that meet the aesthetic, psychological and constructive requirements of design standards were compared). The inter-girder filling of the cage is assumed to be in the form of a reinforced concrete monolithic slab. The plate's own rigidity is not taken into account. The relevance is justified by the main role of this indicator in assessing the reliability, safety and durability of buildings and structures in general. Excessive deflections can lead to cracks in the material of the structures themselves or finishing materials, a violation of the geometry of the structure, and even to an emergency condition of the building. Research methods: analytical and empirical, theoretical calculations and work with regulatory documents. The main results of the study are the control and correct selection of the size of deflections, which, as a rule, are limited based on the aesthetic, psychological and physiological requirements of the norms.

The Keywords

Deflection control, limiting conditions, serviceability of structures, girder cage, intrinsic rigidity of the plate.

Date of receipt in edition

21.04.2025

Date of acceptance for printing

26.04.2025

Ссылка для цитирования:

А. Н. Панин. К определению прогибов конструктивных элементов балочных клеток. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 97 – 103.



АНАЛИЗ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В РАМКАХ ДОСУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

И. Н. Гарькин *
Н. В. Агафонкина **
В. А. Гарькина ** / ***

* Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва
** Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза
*** Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), г. Пенза

Аннотация

В статье дается метод проведения досудебной экспертизы (в форме анализа сметной документации на текущий ремонт) с целью определения соответствия запроектированных работ с видом работ «капитальный» или «текущий» ремонт. Статья написана на основе выполненной НИР.

Ключевые слова

Досудебная экспертиза, анализ сметной документации, капитальный ремонт, текущий ремонт.

Дата поступления в редакцию
21.04.2025

Дата принятия к печати
26.04.2025

Расходование бюджетных средств находится на особом контроле у органов государственной власти и правоохранительных органов. Определение же статей затрат на те или иные бюджетные нужды зачастую носят спорных характер, особенно это касается проведения строительно-монтажных работ (СМР). Учитывая же тот факт, что в большинстве бюджетных организаций (школы, больницы и др.) штат ответственных за выполнение (СМР) минимален, возникает ряд сложностей с определением видов работ при подготовке проектно-сметной документации. Для уточнения вида работ авторы предлагают использовать экспертизу как инструмент досудебного решения спорных вопросов, и как аргумент перед фискальными органами.

Так в настоящей работе, рассмотрим пример проведения подобной экспертизы, силами преподавателей одного из строительного ВУЗа РФ. Одно из учреждений здравоохранения разработало документацию на текущий ремонт, однако у органов финансового контроля возникли сомнения, касательно отнесения работ присутствующих в документации к работам, относящимся к «текущему» ремонту.

Анализ сметной документации «Текущий ремонт помещений отделения дневного стационара» проводилось в следующей последовательности:

- изучение и анализ имеющейся сметной документации;
- изучение и анализ представленной документации (заключение экспертизы, технический паспорт);
- анализ действующей нормативной базы;
- составление заключения по результатам анализа

Объектом анализа является сметная документация по объекту «Текущий ремонт помещений отделения дневного стационара» в составе:

- локальный сметный расчет (смета) № ЛСР 02-01-01 «Ремонтно-строительные работы», на сумму 10 303 540,98 рублей без НДС;
- локальный сметный расчет (смета) № ЛСР 02-01-02 «Внутренняя система водоснабжения», на сумму 279 179,15 рублей без НДС;
- локальный сметный расчет (смета) № ЛСР 02-01-03 «Внутренняя система водоотведения», на сумму 73 771,19 рублей без НДС.
- локальный сметный расчет (смета) № ЛСР 02-01-04 «Внутренняя система отопления», на сумму 61 901,10 рублей без НДС;
- локальный сметный расчет (смета) № ЛСР 02-01-05 «Внутренние системы электроосвещения и электроснабжения, на сумму 418 768,13 рублей без НДС.
- Сметная стоимость строительства определена базисно-индексным методом в двух уровнях цен: в базисном уровне на 01.01.2000 г. и в уровне цен, сложившемся ко времени составления сметной документации (текущий уровень цен) — III квартал 2023 года, с применением к сметной стоимости индексов изменения сметной стоимости по элементам прямых (статьям) затрат в соответствии с письмами Минстроя России от 11.09.2023 № 55664-ИФ/09 «О рекомендуемой величине индексов изменения сметной стоимости строительства в III квартале 2023 года, в том числе величине индексов изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексов изменения сметной стоимости пусконаладочных работ, индексов изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ».

Сметная документация подготовлена с использованием федеральной сметно-нормативной базы федеральных единичных расценок ФЕР, ФЕРр, ФЕРм, ФССЦ в редакции 2020г. изм. 1 – 9 (утверждены приказами Минстроя России №876/пр от 26.12.2019 г.; изм. №1 — №172/пр от 30.03.2020 г.; изм. №2 — №295/пр от 01.06.2020 г.; изм. №3 — №353/пр от 30.06.2020 г.; изменение №4 — №636/пр от 20.10.2020 г.; №5 — №51/пр от 09.02.2021 г.; №6 — №321/пр от 24.05.2021 г.; №7 — №408/пр от 24.06.2021 г.; №8 — №746/пр от 14.10.2021 г.; №9 — №962/пр от 20.12.2021 г.).

Сметная стоимость отдельных материалов, изделий, конструкций и оборудования, данные о которой отсутствуют в ФССЦ-2001, принята по наиболее экономичному варианту, определенному на основании сбора информации о текущих ценах в форме конъюнктурного анализа текущих цен поставщиков с пересчетом в базисный уровень цен 2001 г. (на 01.01.200 г.) методом «обратного счета».

На основании ч. 6 ст. 55.24 Градостроительного кодекса РФ в целях обеспечения безопасности зданий, сооружений в процессе их эксплуатации должен в т. ч. проводиться их текущий ремонт. Из ч. 8, ч. 8.1 указанной статьи следует, что *текущий ремонт зданий, сооружений проводится в целях обеспечения их надлежащего технического состояния. Под надлежащим техническим состоянием понимаются поддержание параметров устойчивости, надежности зданий, сооружений, а также исправность строительных конструкций, систем инженерно-технического обеспечения, сетей инженерно-технического обеспечения, их элементов в соответствии с требованиями технических регламентов, проектной документации.*

В соответствии с ст. 1 п. 14.2 капитальный ремонт объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) — замена и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов.

Учитывая понятия текущего и капитального ремонтов, указанные выше, можно выделить основное отличие текущего ремонта от капитального ремонта здания: текущий ремонт проводится для поддержания соответствующих параметров устойчивости, надежности зданий, то капитальный ремонт для восстановления, замены изношенных конструкций (в т. ч. несущих).

В соответствии с ВСН 58-88(р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. Нормы проектирования» п. 4.1 текущий ремонт должен проводиться с периодичностью, обеспечивающей эффективную эксплуатацию здания или объекта с момента завершения его строительства (капитального ремонта) до момента постановки на очередной капитальный ремонт (реконструкцию). При этом должны учитываться природно-климатические условия, конструктивные решения, техническое состояние и режим эксплуатации здания или объекта. Продолжительность их эффективной эксплуатации до проведения очередного текущего ремонта приведена в рекомендуемом прил. 3, а состав основных работ по текущему ремонту — в рекомендуемом прил. 7.

На основе Постановления правительства Российской Федерации от 30 ноября 2023 года №2120 был проведен сравнительный анализ работ, учтенных в сметной документации. Данные анализа приведены в **таблице №1**.

Таблица 1

Использованные материалы для планирования соединения наружной стены с потолком подвала (конструкция с наружной изоляцией)

№ п/п	Наименование работ по сметной документации	Соответствие постановлению №2120 от 30.11.2021 г.	Примечание
1	Ремонтно-строительные работы (ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) № ЛСР 02-01-01)		
1.1	Окрашивание водоэмульсионными составами поверхностей стен, ранее окрашенных: водоэмульсионной краской с расчисткой старой краски; антигрибковая защита поверхностей каменных конструкций; штукатурка по сетке без устройства каркаса: улучшенная стен; расчистка поверхностей шпателем, щетками от старых покрасок; окраска водно-дисперсионными акриловыми составами улучшенная: по штукатурке стен; покраска вентиляционных коробов 30×10 мм, за 2 раза.	П. 36. Поверхности стен и потолков внутри здания, сооружения (их выравнивание цементно-известковыми растворами), если это не влечет изменение характеристик здания, сооружения, предусмотренных утвержденной проектной документацией.	Не влечет изменения характеристик здания, предусмотренных утвержденной проектной документацией.

1.2	Разборка облицовки стен: из керамических глазурованных плиток; гладкая облицовка стен, столбов, пилястр и откосов (без карнизных, плинтусных и угловых плиток) без установки плиток туалетного гарнитура на клею из сухих смесей: по кирпичу и бетону; облицовка поддонов; монтаж досок отбойников.	П. 37. Облицовка стен, если это не влечет изменение характеристик здания, сооружения, предусмотренных утвержденной проектной документацией: а) керамическими плитками.	Не влечет изменения характеристик здания, предусмотренных утвержденной проектной документацией.
1.3	Демонтаж/монтаж потолочных панелей системы «Армстронг» 600 × 600 мм на время ремонтных работ; демонтаж потолков: плитно-ячеистых по каркасу из оцинкованного профиля; устройство промазки и расшивка швов панелей перекрытий раствором снизу; окраска водно-дисперсионными акриловыми составами улучшенная: по штукатурке потолков.	П. 36. Поверхности стен и потолков внутри здания, сооружения (их выравнивание цементно-известковыми растворами), если это не влечет изменение характеристик здания, сооружения, предусмотренных утвержденной проектной документацией. П. 18. Подвесные потолки.	Не влечет изменения характеристик здания, предусмотренных утвержденной проектной документацией.
1.4	Разборка покрытий полов: из линолеума; разборка плинтусов: деревянных и из пластмассовых материалов; разборка покрытий полов: цементных толщиной 150 мм; устройство стяжек: цементных толщиной 20 мм; устройство оснований полов из фанеры в один слой площадью: до 20 м²; устройство покрытий: из линолеума на клею; устройство плинтусов поливинилхлоридных: на винтах самонарезающих; демонтаж ламината, подложки; устройство покрытий: из досок ламинированных замковым способом; устройство покрытий: из готовых ковров на комнату на клею; разборка покрытий полов: из керамогранитных плит; разборка покрытий полов: цементных толщиной 150 мм; разборка плинтусов: керамогранитных; армирование подстилающих слоев и набетонок; шлифовка бетонных или металлоцементных покрытий; обеспыливание поверхности; устройство покрытий наливных составом на эпоксидной смоле толщиной 2 мм, наполненным кварцевым песком;	П. 20. Напольные покрытия. П. 21. Стяжки пола.	Не влечет изменения характеристик здания, предусмотренных утвержденной проектной документацией.

	устройство плинтусов: из плиток керамогранитных; устройство покрытий из плит керамогранитных размером: 40 × 40 см; устройство тактильной плитки, конус в ряд.		
1.5	Демонтаж коробов из ПВХ панелей с деревянным каркасом (Разборка облицовки из гипокартонных листов: стен и перегородок, демонтаж деревянного каркаса короба); устройство коробов из ГКЛ влагостойкого; закладка кирпичом силикатным дверных проемов; закладка проемов над дверными блоками ГКЛ толщ. 65 мм.	П. 15. Перегородки из кирпича, гипсокартона и различного вида блоки, если это не влияет на конструктивную надежность и безопасность здания, сооружения.	Не влияет на конструктивную надежность и безопасность здания (согласно ГОСТ Р ИСО 6707-1-2020 «Здания и сооружения. Общие термины» перегородка — внутренняя вертикальная самонесущая строительная конструкция, разделяющая пространство). Не влечет изменения характеристик здания, предусмотренных утвержденной проектной документацией.
1.6	Демонтаж внутреннего оконного блока из стеклоблоков; установка в жилых и общественных зданиях оконных блоков из ПВХ профилей: глухих с площадью проема до 2 м²; демонтаж заполнений дверных проемов; установка противопожарных дверей; установка блоков из ПВХ во внутренних дверных проемах.	П. 34. Существующие проемы, если это не влечет изменение характеристик здания, сооружения, предусмотренных утвержденной проектной документацией, в том числе с установкой: а) новых оконных и дверных блоков (поливинилхлоридных, деревянных, противопожарных), в том числе фурнитуры к ним (доводчики, ручки, петли), если это не влечет изменение характеристик здания, сооружения, предусмотренных утвержденной проектной документацией.	Не влечет изменения характеристик здания, предусмотренных утвержденной проектной документацией.
1.7	Покраска перил $h = 900$ мм с очисткой старой краски, за 2 раза;	П. 10. Поручни и перила на лестничных маршах.	—
1.8	Окраска откосов, ранее окрашенных: вододисперсионной краской с расчисткой старой краски свыше 10 до 35%; установка и крепление наличников; штукатурка и окраска откосов.	П. 17. Откосы при замене или установке перегородок, оконных и дверных блоков, подоконных досок.	—
1.9	Установка решеток жалюзийных площадью в свету: до 0,5 м²; установка люков сантехнических (ревизионных): без механического крепления.	П. 1. Отдельные элементы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, оборудования индивидуального теплового пункта.	—
1.10	Установка поручней.	П. 10. Поручни и перила на лестничных маршах.	—
2	Внутренняя система водоснабжения (ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) № ЛСР 02-01-02)		

2.1	Смена умывальников, замена смесителей, пьедесталов под умывальники, моек, демонтаж поддонов, установка трапов, смена унитазов, установка электрополо-тенец, смена труб (ремонт).	П. 1. Отдельные элементы сис-тем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, оборудования индивидуального теплового пункта.	—
3	Внутренняя система водоотведения (ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) № ЛСР 02-01-03)		
3.1	Смена трубопроводов из полиэтилено-вых канализационных труб, замена фа-сонных частей, ревизий и т. д.	П. 1. Отдельные элементы сис-тем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, оборудования индивидуального теплового пункта.	—
4	Внутренняя система отопления (ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) № ЛСР 02-01-04)		
4.1	Разборка трубопроводов из водогазопро-водных труб.	П. 1. Отдельные элементы сис-тем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, оборудования индивидуального теплового пункта.	—
4.2	Демонтаж радиаторов.		—
4.3	Монтаж труб из полипропиленовых труб.		—
4.4	Монтаж радиаторов биметаллических.		—
5	Внутренние системы электроосвещения и электроснабжения (ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) № ЛСР 02-01-05)		
5.1	Демонтаж светильников, выключателей, розеток.	П. 2. Отдельные элементы систе-мы электроснабжения без изме-нения схемных решений.	—
5.2	Прокладка проводов в гофротрубе и в штробе (с устройством и замазкой).		—
5.3	Установка светильников, розеток, выключателей.		—

В результате изучения сметной документации по объекту «Текущий ремонт помещений физиотерапевтического отделения и отделения дневного стационара» и анализу нормативной документации было установлено, что работы, учтенные сметной документацией и приведенные в *таблице 1*, относятся к текущему ремонту.

Работы по объекту «Текущий ремонт помещений физиотерапевтического отделения и отделения дневного стационара», учтенные в сметной документации и приведенные в *таблице 1*, относятся к работам, проводимым при текущем ремонте.

Таким образом, предложенная методика позволяет в досудебном порядке решить вопрос отнесе-ния работ к «текущему» ремонту.

Библиографический список

1. Гарькин И. Н., Сабитов Л. С., Гайдук А. Р., Чиркина М. А. Техническая экспертиза: инстру-мент выявления факта нарушения законодательства при реставрации объекта культурного насле-дия // Инженерный вестник Дона. 2023. № 3 (99). С. 280 – 287.
2. Сабитов Л. С., Кузнецов И. Л., Богданович А. У. Напряженно-деформированное состояние сла-боконичного стержня переменного сечения // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 7 (90). С. 71 – 77.

3. Чичиров К. О., Гарькин И. Н., Боровков Д. П., Леонтьев В. А. Техническая экспертиза: исследование систем вентиляции в торговом развлекательном центре // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2023. № 2 (44). С. 18 – 24.
4. Захаров Ю. С. Долгосрочное планирование капитального ремонта и реконструкции канализационных сетей // Системные технологии. — 2024. — № 4(53). — С. 64 – 71. — DOI 10.48612/dnitii/2024_53_64-71. — EDN DFHONQ.
5. Баламирзоев А. Г., Муртузов М. М., Селимханов Д. Н., Дибирова З. Г., Абдуллаев А. Р. Нелинейные поперечные колебания составных стержней при действии статически приложенной поперечной нагрузки // Строительные материалы и изделия. 2021. Т. 4. № 2. С. 29 – 37.
6. Сабитов Л. С., Кузнецов И. Л., Пеньковцев С. А. Выбор рационального типа поперечного сечения опор // Приволжский научный журнал. 2014. № 4 (32). С. 90 – 94.
7. Кузин Н. Я., Багдоев С. Г. Оценка внешних факторов на несущую способность конструкций гражданских зданий // Региональная архитектура и строительство. 2012. №2 С. 79 – 82.
8. Окольников, Г. Э. Обследование и оценка остаточной несущей способности конструкций студенческого общежития / Г. Э. Окольников, М. Е. Еришов, А. С. Малафеев // Системные технологии. — 2024. — № 1(50). — С. 129 – 137. — DOI 10.48612/dnitii/2024_50_129-137. — EDN GFSBCI.
9. Ключев С., Ключев А. В. Оптимальное проектирование конструкций с учетом устойчивости равновесия // Фундаментальные исследования. 2008. № 9. С. 62.
10. Снегирева А. И., Мурашкин В. Г. К вопросу обследования строительных конструкций, зданий и сооружений // Эксперт: теория и практика. 2021. №6 (15). С. 45 – 51.

ANALYSIS OF ESTIMATE DOCUMENTATION IN THE FRAMEWORK OF PRE-TRIAL EXPERTISE

I. N. Garkin *

N. V. Agafonkina **

V. A. Garkina ** / ***

* P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

** Penza State University of Architecture and Civil Engineering, Penza

*** Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Penza

Abstract

A method for conducting a pre-trial examination (in the form of an analysis of estimate documentation for current repairs) is given in order to determine the compliance of the designed work with the type of work “major” or “current” repairs. The article is written on the basis of completed R&D.

The Keywords

Pre-trial examination, analysis of estimate documentation, major repairs, current repairs.

Date of receipt in edition

21.04.2025

Date of acceptance for printing

26.04.2025

Ссылка для цитирования:

И. Н. Гарькин, Н. В. Агафонкина, В. А. Гарькина. Анализ сметной документации в рамках досудебной экспертизы. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 104 – 111.





УДК 711.4

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_112-119

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛАНДШАФТА

А. О. Шелухин

Московский архитектурный институт (государственная академия), г. Москва

Аннотация

в статье рассматривается несущая способность ландшафта, что означает пределы допустимой антропогенной нагрузки на природно-культурные территории. Представлен междисциплинарный подход, сочетающий методы градостроительства, архитектуры, экологии, ландшафтной географии, социологии и урбанистики. Предлагается методологическая модель оценки несущей способности с учётом биофизических, антропогенных и социокультурных факторов. Актуализируются вопросы нормативного регулирования, зонирования и анализа территории. Акцентируются вопросы определения градостроительной ёмкости территории в системах пространственного планирования культурных ландшафтов.

Ключевые слова

Несущая способность ландшафта, культурный ландшафт, градостроительная ёмкость, зонирование территории, антропогенная нагрузка.

Дата поступления в редакцию

21.04.2025

Дата принятия к печати

26.04.2025

Введение

Проблема формирования устойчивой среды обитания в эпоху вызовов, связанных с экологией, цифровизацией, транспортом и мобильностью, социально-культурными проблемами, требует переосмысления концепций планирования. Одним из наиболее перспективных интегративных понятий, позволяющих сбалансировать развитие и сохранение территорий, становится несущая способность ландшафта. Её оценка выходит за рамки сугубо экологической задачи, становясь точкой пересечения дисциплин, таких как градостроительство, экология, ландшафтная география, архитектура и социология.

Несущая способность ландшафта представляет собой интегральную характеристику, определяющую предельно допустимую нагрузку на экосистему, при которой сохраняются её экологическая устойчивость и функциональная целостность. Данная концепция имеет ключевое значение в контексте устойчивого развития, так как она помогает установить границы антропогенного воздействия, обеспечивая баланс между устойчивостью природных систем и экономическим развитием. В условиях современного мира, где возрастает потребность в использовании природных ресурсов, понимание и оценка несущей способности ландшафтов становятся необходимыми для долгосрочного планирования и управления территориями. Это позволяет минимизировать риски деградации экосистем, обеспечивая их восстановление и сохранение. Несущая способность ландшафта определяется по экологическим признакам, измеряя ее антропогенную нагрузку, мы говорим о градостроительной емкости.

Актуальность изучения градостроительной емкости ландшафта обусловлена увеличением урбанизации, индустриализации и изменением климата, которые значительно усиливают нагрузку на экосистемы. Эти процессы ведут к ухудшению качества окружающей среды, что требует разработки новых подходов к её сохранению. Кроме того, с ростом численности населения и увеличением потребностей в ресурсах возрастает необходимость в сбалансированном использовании природных территорий.

Целью данного исследования является разработка подходов оценки градостроительной емкости ландшафта, которая включает анализ факторов, влияющих на устойчивость природных территорий и разработку рекомендаций по их управлению. Задачи исследования включают изучение методов зонирования, определения пороговых значений, применения экспертных оценок, а также анализ их эффективности в различных природных и антропогенных условиях. Это позволяет предложить практические решения для устойчивого управления территориями.

Теоретические основы градостроительной емкости ландшафта

Ландшафт рассматривается как сложная система, в которой взаимодействуют биофизические, культурные, исторические и социальные компоненты. Его несущая способность определяется не только биопродуктивностью, но и возможностью сохранять культурную и социальную целостность при заданной антропогенной нагрузке. Градостроительная емкость ландшафта — это максимальная нагрузка, которую ландшафт может выдержать без деградации, сохраняя свою экологическую и функциональную целостность [12]. Это понятие охватывает широкий спектр аспектов, включая способность почв, водных ресурсов и биоразнообразия сохранять свои свойства при различных видах антропогенного воздействия. В 1987 году в докладе Комиссии Брундтланд была впервые сформулирована идея устойчивого развития, которая тесно связана с несущей способностью экосистем [3].

Оценка несущей способности требует интеграции различных научных и проектных подходов:

- **Экология и ландшафтная география:** инвентаризация ресурсов, индексы устойчивости, биоёмкость;
- **Архитектура и урбанистика:** формы застройки, плотность, морфология среды;
- **Градостроительство:** определение градостроительной емкости территории, зонирование, сценарии пространственного развития, нормативы;
- **Социология и культурология:** локальная идентичность, восприятие среды, участие сообществ.

Несущая способность ландшафта определяется параметрами: природные условия (климат, тип почвы и гидрологические характеристики); антропогенные факторы (плотность населения и уровень загрязнения). Важно принимать во внимание «принцип равновесия между антропогенными и природными компонентами». Среда обитания человека неразрывно связана с городскими территориями. Проектирование должно сосредоточиться на достижении баланса между экологичностью окружающей среды и развитием [8].

Экологическое значение несущей способности заключается в обеспечении устойчивости экосистем к внешним воздействиям и сохранении их функционала. Устойчивое управление лесами может увеличить несущую способность на 15%. В этом контексте необходимо произвести оценку устойчивости природного потенциала районов по таким параметрам, как экологический фонд и коэффициент естественной защищенности [2].

Экономическое значение заключается в влиянии емкости территории на устойчивость экономических систем. Например, согласно данным Европейского агентства по окружающей среде, превышение пороговых значений загрязнения воздуха в 70% случаев в городах Европы приводит

к значительным экономическим потерям, связанным с ухудшением здоровья населения и снижением продуктивности.

Социальное значение градостроительной емкости заключается в обеспечении высокого качества жизни населения. Исследования ООН указывают на то, что около 60% экосистем уже используются на пределе своей несущей способности, что создает угрозу для устойчивого развития обществ. В современных условиях важно учитывать, что «принцип встроенности человеческих технологий в природные процессы» становится главным критерием для достижения устойчивого развития [11].

Факторы, влияющие на градостроительную емкость территории

Природные условия (климат, почвы и гидрология) играют ключевую роль в формировании несущей способности ландшафта. Климатические особенности (температура, осадки и частоту экстремальных погодных явлений) существенно влияют на устойчивость экосистем. Почвенные характеристики (плодородие, структура и эрозионная устойчивость) определяют, насколько эффективно экосистема может поддерживать растительность и предотвращать деградацию. Гидрологические условия (водные ресурсы) критически важны для поддержания экосистемных функций.

Биологическое разнообразие служит основой устойчивости экосистем и их способности восстанавливаться после различных воздействий. Регионы с высоким уровнем биоразнообразия демонстрируют большую устойчивость как к антропогенным, так и к природным нагрузкам. Экосистемные услуги, такие как регенерация, самовоспроизводство, регулирование климата и очистка воды, напрямую зависят от разнообразия видов и их взаимодействий. Сохранение биоразнообразия способствует увеличению емкости ландшафта, так как более сложные экосистемы эффективнее справляются с внешними воздействиями.

Урбанизация и промышленность оказывают значительное влияние на несущую способность ландшафта. Согласно данным ООН, к 2050 году 68% населения мира будет жить в городах, что увеличит нагрузку на природные ресурсы и экосистемы. Инфраструктурное развитие, загрязнение и изменение ландшафта под воздействием промышленности могут привести к деградации экосистем, поэтому «устойчивость к природным и техногенным воздействиям, таким как оползни и загрязнение, является важным аспектом оценки» [12]. Устойчивое планирование и использование технологий способны смягчить негативное воздействие, сохраняя баланс между развитием и экологической целостностью.

Сельское хозяйство занимает около 38% суши Земли и оказывает значительное воздействие на экосистемы. Интенсивное использование земель для выращивания культур, разведения скота может привести к эрозии почв, потере биоразнообразия и истощению ресурсов. Устойчивое управление сельским хозяйством включает ротацию культур и органическое земледелие.

Рекреационная нагрузка и туризм. В 2019 году туристическая индустрия составила 10% мирового ВВП. Увеличение количества туристов может привести к деградации природных территорий. При этом создание инфраструктуры для туризма, такой как тропы и кемпинги, должно учитывать экологическую устойчивость, чтобы минимизировать возможный ущерб.

Характеристика застройки (расселения) и влияние факторов на устойчивость экосистем

Анализ различных ландшафтов и плотность расселения

Урбанизированный ландшафт, представляя собой совокупность природных, культурных и антропогенных компонентов, формирует определенную территорию. Типология ландшафтов основывает-

ся на таких характеристиках: рельеф, климат, почвенный покров, растительность и водные ресурсы. Каждый тип обладает определенными параметрами, зависящими от его природных особенностей и степени антропогенного влияния. Плотность расселения оказывает значительное влияние на состояние экосистем.[6] Чем выше концентрация населения на определенной территории, тем больше нагрузка на природные ресурсы, такие как вода, воздух и почва. Ухудшение экологической ситуации непосредственно связано с высокой плотностью расселения. «Каждый город, особенно крупные города и мегаполисы порождают большие экологические проблемы: загрязнение воздуха, воды, накопление миллионов тонн твердых бытовых отходов» [11].

Различные регионы мира демонстрируют разнообразие подходов к управлению ландшафтами в условиях различной плотности населения. В России плотность населения колеблется от 8,4 чел./км² в Сибири до 472 чел./км² в Москве. В Нидерландах, где наблюдается высокая плотность населения, эффективно применяется зонирование, что способствует сохранению природных территорий. При высокой плотности расселения ключевыми аспектами устойчивости становятся сохранение зеленых зон, контроль загрязнения и рациональное использование ресурсов. В условиях низкой плотности населения важным является предотвращение деградации почв и защита биоразнообразия.

Для управления расселением с учетом градостроительной емкости ландшафтов рекомендуется применять зонирование территорий. Несмотря на то, что в земельном кодексе РФ сказано, что «земли населенных пунктов предназначены для застройки и развития населенных пунктов» (Земельный кодекс РФ 2001), необходимо ограничивать плотность застройки в экологически чувствительных зонах и продвигать устойчивые формы урбанизации. Создание зеленых коридоров в городах способствует сохранению биоразнообразия и улучшению качества жизни населения. Развитие инфраструктуры должно проходить с минимальным воздействием на окружающую среду.

Проблемы и решения при проектировании инфраструктуры

Транспортная инфраструктура оказывает значительное воздействие на экосистемы, особенно в контексте их устойчивости. Строительство автомагистралей и железных дорог часто нарушает экологические коридоры, что приводит к изоляции популяций животных и снижению их численности. В Европе внедрение экологических коридоров при проектировании автомагистралей позволило снизить гибель животных на дорогах на 40%. Необходимо строгое регулирование и планирование застройки в природных зонах для сохранения их экологической функции. Законодательство играет ключевую роль в регулировании проектирования инфраструктуры, обеспечивая соблюдение экологических стандартов. Для минимизации негативного воздействия необходимо проведение экологических оценок перед началом строительства, это необходимо закрепить в нормативно-правовой базе.

Влияние промышленности на экосистемы

Промышленная деятельность оказывает значительное воздействие на экосистемы, изменяя их структуру и функционирование (выбросы вредных веществ, сбросы загрязненных вод, образование промышленных отходов). Для минимизации негативного влияния промышленности на экосистемы внедряются различные адаптационные меры и технологии. Программа по восстановлению экосистем, включающая защитное озеленение территорий вокруг промышленных объектов, позволяет сократить уровень загрязнения воздуха в городах. Также необходимо внедрять практики, стимулирующие развитие технологий замкнутого цикла. Например, в Германии компании обязаны перерабатывать до 65% своих отходов.

Сельское хозяйство и его воздействие на ландшафт

Сельское хозяйство включает в себя множество видов деятельности (растениеводство, животноводство, агролесоводство и аквакультура). Каждая из этих отраслей имеет свои особенности и требует определенных условий для функционирования. Растениеводство, занимающее значительные площади, зависит от плодородия почвы и доступности воды, тогда как животноводство оказывает влияние на пастбищные экосистемы через выпас скота. Агролесоводство представляет собой интеграцию лесного хозяйства с сельскохозяйственными практиками, способствуя улучшению структуры почвы и увеличению биоразнообразия. Интенсивное сельское хозяйство, особенно использование химических удобрений и пестицидов, оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Исследования показывают, что такие практики увеличивают уровень нитратов в грунтовых водах, что ухудшает качество питьевой воды и оказывает вредное влияние на водные экосистемы. Кроме того, чрезмерная эксплуатация земель приводит к эрозии почвы, утрате ее плодородия и деградации ландшафта. Монокультурное земледелие, распространенное в интенсивном сельском хозяйстве, снижает биоразнообразие и делает экосистемы более уязвимыми к вредителям и болезням.

С другой стороны, сельское хозяйство оказывает и положительное воздействие на ландшафты. Агролесоводство способствует увеличению биоразнообразия, улучшению структуры почвы и восстановлению деградированных земель. Новые практики как органическое земледелие, уменьшают использование химических веществ, способствуя сохранению экосистем.

Рекреация и ее роль в управлении ландшафтами

Рекреация, туристическая активность, особенно в природных зонах, может приводить к уплотнению почвы, деградации растительности и нарушению естественных процессов. В тоже время рекреационные зоны создают рабочие места и привлекают инвестиции в инфраструктуру. Эффективное управление рекреацией включает использование различных инструментов, таких как зонирование, контроль потоков посетителей и внедрение экологически дружелюбных практик. В странах Евросоюза рекреационные зоны составляют около 12% от общей площади охраняемых территорий. Принципы устойчивости, такие как использование возобновляемых источников энергии и минимизация отходов, позволяет обеспечить долгосрочное сохранение ландшафтов.

Культурное наследие и ландшафт (культурный ландшафт)

Культурное наследие в контексте ландшафта представляет собой совокупность материальных и нематериальных ценностей, которые формировались на протяжении веков и отражают взаимодействие человека с природной средой. Эти ценности включают архитектурные сооружения, исторические ландшафты, традиционные методы землепользования и культурные практики, которые нашли своё отражение в окружающем пространстве [10]. По данным ЮНЕСКО, около 10% всех объектов Всемирного наследия относятся к категории культурных ландшафтов, что подчёркивает их значимость для сохранения исторической и культурной идентичности.

«Сохранение имеющихся памятников природы, как узловых элементов различного значения, содержащих на своей территории биологически ценные объекты, повышает экологическую стабильность» [5].

Методы оценки несущей способности ландшафта

Структура оценки

Модель оценки включает пять этапов:

1. *Определение границ ландшафта* — гидрографический (бассейновый) подход;
2. *Характеристика компонентов* — биотические и абиотические параметры, антропогенная нагрузка;
3. *Выявление значимых ценностей* — культурные узлы, природные очаги, социокультурные центры;
4. *Зонирование и установление порогов* — лимиты по плотности, загрязнению, шуму, водопользованию;
5. *Стейкхолдер-анализ и консенсус* — согласование режимов использования, буферные зоны, мониторинг.

Зонирование территорий представляет собой процесс разделения территории на зоны, каждая из которых имеет определённое функциональное назначение и регламент использования. Зонирование включает в себя анализ природных, социальных экономических и культурных факторов. «Целями охраны земель являются предотвращение и ликвидация загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения земель и почв и иного негативного воздействия на земли и почвы, а также обеспечение рационального использования земель» [4].

Методы зонирования классифицируются на традиционные и современные. Традиционные методы включают картографический анализ и полевые исследования, которые позволяют определить границы зон на основе визуального наблюдения и анализа данных. Использование геоинформационных систем существенно увеличивают точность и скорость определения границ зон. Зонирование позволяет выделить охраняемые зоны для сохранения биоразнообразия, определить участки для промышленной и сельскохозяйственной деятельности, зоны для рекреации.

Определение пороговые значения

Пороговые значения представляют собой критические уровни определённых параметров, превышение которых приводит к нежелательным изменениям в экосистеме. Эти значения служат для оценки состояния окружающей среды и определения допустимых нагрузок на природные системы. предельно допустимая концентрация (ПДК) диоксида серы в воздухе составляет 20 мкг/м³. Для установления пороговых значений применяются различные методы, включая лабораторные исследования, моделирование и мониторинг. Лабораторные эксперименты помогают изучить реакции организмов на изменяющиеся условия, такие как концентрация загрязняющих веществ. Моделирование используется для прогнозирования долгосрочных последствий различных воздействий на экосистемы, а мониторинг предоставляет актуальные данные о состоянии окружающей среды. Пороговые значения варьируются в зависимости от типа экосистемы и её особенностей. В лесных экосистемах Амазонии вырубка более 20% площади региона приводит к необратимым изменениям гидрологического цикла. В Европе установлены нормы содержания нитратов в питьевой воде на уровне не более 50 мг/л для предотвращения негативных последствий для здоровья. [9] Превышение пороговых значений оказывает разрушительное воздействие на экосистемы.

Заключение. Способы внедрения в градостроительную практику

Оценка несущей способности ландшафта — это не просто эколого-экономическая модель, а система управления развитием, в которой наука, проектирование и культурная рефлексия соединяются в едином подходе. Междисциплинарность позволяет формировать устойчивые, идентичные и экологически сбалансированные пространства будущего. Интеграция оценки несущей способности ланд-

шафтов в градостроительное планирование осуществляется через внедрение экологических критериев в процесс принятия решений. Это включает использование зонирования, установление пороговых значений нагрузки на экосистемы. Пропускная способность «является общим показателем, величина которого зависит от параметров несущих элементов» [1].

Факторы, влияющие на устойчивость экосистем, включают пределы застройки, допустимые виды деятельности и устойчивость к природным и техногенным воздействиям [7]. Учет этих факторов становится ключевым для достижения устойчивого развития. Для эффективного внедрения результатов анализа несущей способности ландшафта в градостроительную документацию необходимо разработать стандарты и нормативы, отражающие экологические ограничения. Результаты исследования могут быть применены для разработки градостроительных планов, которые учитывают экологические ограничения и способствуют сохранению природных ресурсов, а именно интеграцию методов оценки несущей способности в процесс планирования и принятия решений, включая использование зонирования, установление пороговых значений.

Библиографический список

1. Байсултанова Л. Б. Формирование организационно-экономического механизма управления развитием экологического туризма (на примере Кабардино-Балкарской Республики): Автореферат дис. ... канд. экон. наук. — Сочи, 2012.
2. Гривко Е. В., Дулова К. А. К вопросу о функциональной устойчивости природно-территориального комплекса в зонах с исторически сложившимся целинным земледелием // ЭКОСИСТЕМЫ. — 2019. — Т. 20. — С. 175 – 187. URL: <http://ekosystems.cfuv.ru>.
3. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития «Наше общее будущее». ООН A/42/427 Russian. 1987 URL: <https://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf>.
4. Земельный кодекс Российской Федерации от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ (ЗК РФ) (с изменениями и дополнениями) URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/.
5. Королев А. Ю. Методика оценки природной рекреационной системы на примере Чусовского муниципального района // Географический вестник. — 2019. — № 3(50). — С. 102 – 118. DOI: 10.17072/2079-7877-2019-3-102-118.
6. Крашенинников А. В. Когнитивная урбанистика: архетипы и прототипы городской среды. Москва: КУРС, 2020 — 210 с.
7. Мелл И. К. Выравнивание фрагментированных структур планирования через подход к зеленой инфраструктуре в городском развитии в Великобритании и США // Urban Forestry & Urban Greening. — 2014. — Т. 13. — С. 612 – 620.
8. Мочалова Е. Ю. Некоторые принципы построения набережных ландшафтов // Тенденции развития науки и образования. DOI: 10.18411/lj-02-2021-49.
9. Шарма Дж. Оценка предельной нагрузки ландшафта: рамки для устойчивого развития / Дж. Шарма. — Место издания: Индийская академия лесного хозяйства имени Индиры Ганди, 2024.
10. Шелухин А. О. ЭЛЕМЕНТЫ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА ДОЛИНЫ РЕКИ // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2025. — №1 (64). — С. 50 – 55. DOI 10.25628/UNIIP.2025.64.1.026 URL: https://academvestnik.ru/wp-content/uploads/2025/03/09_AVuniip_2025-01-64.pdf.

11. Шубенков М. В., Шубенкова М. Ю. Поиск сбалансированного взаимодействия урбанизированных и природных территорий: концепция урбобиоценозного зонирования // Architecture and Modern Information Technologies. — 2021. — № 4(57). — С. 296 – 312. — URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/18_shubenkov.pdf. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-4-296-312.

12. Carne R. J. Urban vegetation: ecological and social value // A Vision for a Greener City. The Role of Vegetation in Urban Environment. Proceedings: 1994 National Greening Australia Conference (October 4, 5 & 6, Fremantle, WA) / Ed. M.A. Scheltema. — Canberra: Greening Australia Ltd, 1994. — С. 211 – 225.

ASSESSMENT OF THE BEARING CAPACITY OF THE LANDSCAPE

A. O. Sheluhin

Moscow Institute of Architecture (state academy), Moscow

Abstract

The article considers the bearing capacity of the landscape, which means the limits of the permissible anthropogenic load on natural and cultural territories. An interdisciplinary approach combining methods of urban planning, architecture, ecology, landscape geography, sociology and urban studies is presented. A methodological model for assessing load-bearing capacity is proposed, taking into account biophysical, anthropogenic and socio-cultural factors. The issues of regulatory regulation, zoning and territory analysis are being updated. The issues of determining the urban capacity of a territory in spatial planning systems of cultural landscapes are emphasized.

The Keywords

Bearing capacity of the landscape, cultural landscape, urban capacity, zoning of the territory, anthropogenic load.

Date of receipt in edition

21.04.2025

Date of acceptance for printing

26.04.2025

Ссылка для цитирования:

А. О. Шелухин. Оценка несущей способности ландшафта. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 112 – 119.



УДК 725

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_120-125

ЛЕВАШОВСКИЙ ХЛЕБОЗАВОД И ЕГО РЕКОНСТРУКЦИЯ В 2016 – 2022 ГОДАХ

А. Г. Гвоздик

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург

Аннотация

В статье рассмотрена история Левашовского хлебозавода, начиная с предыстории участка, на котором он располагается, типовой проект кольцевых хлебозаводов Г. П. Марсакова, и реконструкция здания под общественный центр в мемориальной зоной, посвященной Блокаде, имевшая место в 2016 – 2022 годах.

Ключевые слова

Левашовский хлебозавод, Г. П. Марсаков, кольцевой хлебозавод, советский авангард, приспособление промышленных зданий.

Дата поступления в редакцию

26.04.2025

Дата принятия к печати

29.04.2025

Развитие и рост городов, особенно крупных промышленных центров, приводит к тому, что бывшая городская периферия, где когда-то возводились промышленные объекты, становится «серыми поясами» внутри городской среды. И, как следствие, промышленные предприятия вынуждены покидать свои старые здания, оказавшиеся внутри селитебных зон. В результате такого процесса, часть промышленных зданий, не представляющих исторической и художественной ценности, сносится, а те, которые охраняются государством, должны быть приспособлены к новой функции, совершенно чуждой их объемно-пространственным решениям.

Здание Левашовского хлебозавода, возведенное в стиле советского авангарда, расположено в Санкт-Петербурге, на Петроградской стороне, в конце Левашовского проспекта и отличается своей эстетикой от соседних зданий, выполненных в эпоху эклектики или в 2000-х годах. Хлебозавод отмечен своей значимой ролью в период Блокады, и проработал с 1930-х годов до начала XXI века. В 2010-х годах он был реконструирован и приспособлен под общественную функцию.

Петроградский остров, он же Петроградская сторона, в XVII в. назывался Койвусаари (Березовый остров, фин. яз.). Другое название острова со средних веков — Фомин остров. После основания Санкт-Петербурга началось освоение острова, остров назывался Городовым, Городским, Троицким, Петербургским. Нынешнее название — Петроградский — существует с 1914 г., в связи с переименованием города в Петроград [1].

В развитии планировки и застройки территории квартала, в котором расположен хлебозавод, можно выделить несколько этапов: в 1710–1830 гг. Зеленый пороховой завод со стороны

Малой Невки и первые дачи по красной линии Большой Зеленой улицы (ул. Большая Зеленина); в 1840–1890-е гг. Возведение деревянных и каменных особняков по периметру и строительство на территории складов лесопильного завода в центре квартала. Пороховое производство ликвидировано. В 1890–1910 гг. на этой территории располагалась лесная биржа братьев Колобовых, а на угловых участках возведены ныне существующие доходные дома; к 1933 г. на территории квартала был построен комплекс хлебозавода, который развивался вплоть до начала 21 века. С 2000 г. начинается стагнация территории, завершающаяся закрытием хлебозавода.

Исторический планировочный каркас квартала образуют: Песочная набережная, Большая Зеленина ул., Левашовский проспект, Барочная улица.

Барочная улица (первоначально с 1871 г. — Барачная, из-за жилых строений барочного типа) получила своё название указом о переименовании Александра III в 1887г. Новое название объясняется особенностью места — сюда по воде доставлялись предназначенные на слом деревянные барки.

На пересечении Барочной и Б. Зелениной ул. возведён в 1903 г. по проекту архитектора Г. Г. фон Голли расположен доходный дом А. Ю. Кейбеля, владельца ювелирной мастерской [2]. Три поколения семьи изготавливали серийные тиражи орденов Российской Империи. Ныне это здание — выявленный объект культурного наследия.

В современном виде участок проектирования сформировался в третьем десятилетии XX века, когда внутри квартала было выстроено здание Левашовского механизированного хлебозавода. В конце 1920-х гг. на волне индустриализации возникла необходимость строительства крупных элеваторов и хлебозаводов. «... las tecnologías son cada vez más definitivas de la realidad en la que vivimos» (... технологии играют все более определяющую роль в той реальности, в которой мы живем) [3]. В 1931 году вышло постановление партии и правительства, обусловившее полный переход на механизированную выпечку хлеба и обязывающий потребкооперацию приступить к строительству такого количества заводов, которое может обеспечить население хлебобулочными изделиями.

В Ленинграде было выстроено два хлебозавода на основании вертикально-кольцевой технологии хлебопекарного производства, разработанной Г. П. Марсаковым (1886–1963) и по типовому проекту того же автора, включающему как строительную часть, так и технологические механизмы. Внешний облик и структура объемов здания хлебозавода полностью обусловлены технологией производства и применяемым оборудованием — кольцевыми конвейерами. «Архитектурное решение здания приписывается мастерской А. С. Никольского — лидера «Современной архитектуры» в Ленинграде» [4]. Один из этих хлебозаводов Левашовский, о котором рассказывается в настоящей статье, другой — Кушелевский (Политехническая улица, 11), расположенный у одноименной станции Финляндского направления железной дороги. Он и по сей день продолжает работать.

«По проекту Г. П. Марсакова в г.г. Москве и Ленинграде в начале тридцатых годов были построены крупнейшие кольцевые хлебозаводы, положившие начало созданию современной хлебопекарной индустрии в нашей стране» [5].

В основном объеме здания (**рис. 1**, лит. А-7) располагалась система кольцевых конвейеров, обеспечивавшая непрерывное автоматическое производства хлеба. Мука со склада, находившегося на 1 этаже, транспортером подавалась на 6 этаж, где находилось заквасочное отделение. Отсюда готовая опара поступала на 5 этаж в тестомесильное отделение, состоявшее из трех жестких кольцевых конвейеров, где происходил процесс брожения. После окончания брожения куски теста попадали в тесторазделочное отделение на 4 этаже, а оттуда — в расположенное на 3 этаже печное отделение. Хлеб выпекался в трех кольцевых тоннельных печах, нагреваемых перегретым паром, поступающим из парогенераторов котельной. После выпечки хлеб выгружался из печей и по наклонным спускам поступал в хлебохранилище на 2 этаже [6].

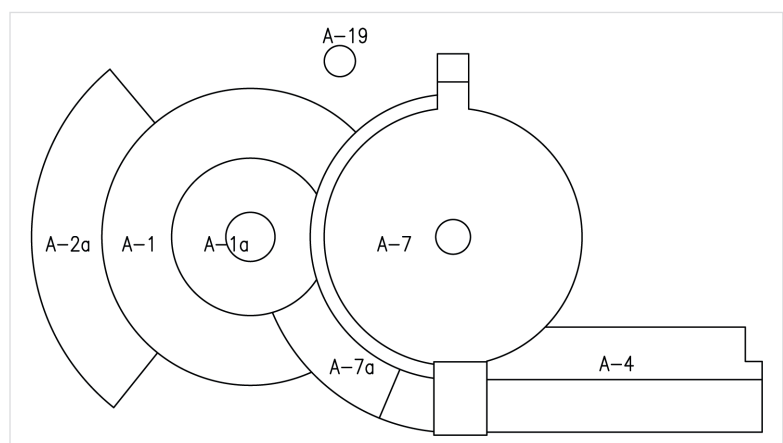


Рис. 1. Схема плана Левашовского хлебозавода с обозначением литер согласно почтовым адресам

К основному цилиндрическому объему примыкает цилиндрический блок котельной – парогенераторной (*рис. 1*, лит А-1а). Он перекрыт легким куполом из деревянных конструкций, играющим роль легкобрасываемой конструкции на случай взрыва паровых котлов. Этот корпус подвергся наибольшему количеству переделок в связи с переводом хлебозавода с твердого (уголь) на газообразное топливо. Однако деревянная купольная конструкция сохранилась в неизменном виде вплоть до реконструкции, имевшей место в 2016 – 2022 годах.

С другой стороны, к основному зданию примыкает прямоугольный корпус заводоуправления (*рис. 2*, лит. А-4). Погрузка-разгрузка осуществлялась через корпус лит. А-2а, имевший согласно первоначальному проекту 1 этаж.

Весь период Блокады хлебозавод (как и аналогичный Кушелевский) проработал без остановки.

В послевоенный период хлебозавод подвергся различным переделкам: перевод парокотельной установки на газообразное топливо, ремонт и модификация технологического оборудования с частичным объединением уровней здания и образованием 2-светных объемов. На прилегающей территории, в том числе с непосредственным примыканием к ОКН при этом были выстроены многочисленные здания и сооружения различного назначения, принадлежавшие хлебозаводу (*рис. 2*).



Рис. 2. Левашовский хлебозавод и служебные постройки на его территории

Здание хлебозавода является памятником архитектуры конструктивизма — Объектом культурного наследия регионального значения «Левашовский хлебозавод. Здесь выпекали хлеб в годы блокады Ленинграда 1941 – 1944 годов» на основании Распоряжения КГИОП от 09.10.2012 № 10-126. Согласно перечню предметов охраны, ОКН включает в себя литеры: А-1, А-1а, А-2а, А-4, А-7, А-7а, и трубу А-19.

В отличие от всех остальных элементов хлебозавода, труба не имеет черт конструктивизма, и вполне соответствует технологиям и эстетике эпохи «пара и стали» [7].

В конце 2000-х годов было принято решение о переносе хлебопекарного производства на периферию города, а здание хлебозавода со всей принадлежащей ему территорией и расположенными на ней вспомогательными постройками продано строительной кампании RBI. На большей части заводской территории были выстроены современные жилые корпуса, а здание Г. П. Марсакова и А. С. Никольского реконструировано и приспособлено под новую функцию. «Проект, разработанный мастерской «Евгений Герасимов и партнёры» по заказу Группы RBI, призван вернуть этот объект (Левашовский хлебозавод) городу. Здание, объемно-планировочная структура и фасады которого бережно восстанавливаются, планируется превратить в общественно-культурный центр с выставочными и лекционными площадками, кафе, книжным магазином и офисами» [8]. В авторский коллектив под руководством Е. Л. Герасимова вошли Главный архитектор проекта З.В. Петрова и руководитель проектной группы Е.А. Резникова. Проектная документация по реконструкции хлебозавода была разработана архитектором М. И. Горбатенковой и автором настоящей статьи в должности ведущего архитектора. Отдельная бригада разрабатывала проект новой застройки на территории, освобожденной от построек хлебозавода, не представлявших историко-культурной ценности [8].



Рис. 3. Вид Левашовского хлебозавода после реконструкции

В помещении бывшей котельной была запланирована мемориальная зона, посвященная работе Левашовского Хлебозавода в годы Блокады с возможностью устройства интерактивной экспозиции по истории здания. Остальная часть 1-го этажа занята многоцелевыми залами, а начиная со второго этажа, предусмотрены помещения для досуговых занятий (рис. 3).



Рис. 4. Вход в мемориальную зону

Основной сложностью проекта приспособления оказалась общая конфигурация здания: в первоначальном проекте этажи здания представляли собой, по большей части, круглые в плане помещения большой площади. Теперь же они оказались нарезаны на несколько помещений веерообразной формы. В большинстве случаев, такие помещения неэргономичны: не прямые углы и непараллельные стены неудобны для расстановки стандартной мебели, которая прямоугольна. Еще более остро стоял вопрос с обустройством санитарных узлов, которые так же плохо вписываются в треугольные и веерообразные помещения. Другой проблемой приспособления оказалась маленькая высота этажей. Из-за этого авторы были вынуждены сделать часть помещений двухсветными.

Безусловно, в своей деятельности фирма-заказчик руководствуется рыночной конъюнктурой, спросом на различные виды недвижимости, и архитектор вынужден проявить определенную гибкость и изобретательность, чтобы сохранить объект культурного наследия и при этом удовлетворить требованиям инвестора.

Реконструкция хлебозавода была завершена в 2022 году и в настоящее время любой желающий имеет возможность посетить интерактивную мемориальную зону, посвященную блокаде на 1-м этаже здания.

Библиографический список

1. Горбачевич К. С., Хабло Е. П. Почему так названы? Л.: Лениздат, 1967. 472 с.

2. Архитекторы-строители Санкт-Петербурга середины XIX – начала XX века / Под ред. Б. М. Кирикова. СПб.: Пилигрим, 1996. 400 с.
3. *Camprubí L.* Los ingenieros de Franco, Barcelona: “Crítica”, 2017. 320 с.
4. Штиглиц М. С., Лелина В. И., Гордеева М. А., Кириков Б. М., Памятники промышленной архитектуры Санкт-Петербурга, СПб: «Белое и черное», 2005. 224 с.
5. Г. П. Марсаков. Некролог // «Правда». 1964. 17 марта.
6. Васильев Н. А. Хлебозавод №9. М.: Tatlin, 2018. 64 с.
7. Гвоздик А. Г. Три архитектурные школы – 2023. Материалы научно-практической конференции. СПб: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургская государственная художественно-промышленная академия имени А.Л. Штиглица», 2023. 304 с.
8. Герасимов Е., Мартовицкая А., Евгений Герасимов и партнеры 1991 – 2021. СПб.: «Евгений Герасимов и партнеры», 2021. 352 с.
9. Петрова Е. С. Памятники конструктивизма в России. Каталог-путеводитель. М.: Российский НИИ культурного и природного наследия им. Д. С. Лихачёва, 2020. 146 с.
10. *Lodder C.* Russian Constructivism. New Haven and London : Yale University Press, 1985. 336с.

LEVASHOVSKY BREAD FACTORY AND ITS RECONSTRUCTION IN 2016 – 2022

A. G. Gvozdk

St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II, St. Petersburg

Abstract

The article examines the history of the Levashovsky bakery, starting with the background of the site on which it is located, the typical design of the ring bakeries of G. P. Marsakov, and the reconstruction of the building into a public center in the memorial zone dedicated to the Blockade, which took place in 2016 – 2022.

The Keywords

Levashovsky Bakery, G. P. Marsakov, ring bakery, Soviet avant-garde, adaptation of industrial buildings.

Date of receipt in edition

26.04.2024

Date of acceptance for printing

29.04.2024

Ссылка для цитирования:

А. Г. Гвоздик. Левашовский хлебозавод и его реконструкция в 2016–2022 годах. — 2025. — № 1 (54). — С. 120 – 125.



УДК 692.433:69.059.73

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_126-137

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ЗЕЛЁНЫЕ КРЫШИ» В ПОСТИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ТУРИЗМ В РОССИИ

П. И. Мушакова

Я. А. Коржемпо

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация

Промышленный туризм — это форма туризма, сосредоточенная на посещении промышленных объектов, таких как заводы, фабрики, шахты, производственные предприятия и другие места, где осуществляется или осуществлялась промышленная деятельность.

Промышленный туризм, охватывающий посещение промышленных объектов и производств, набирает популярность как среди российских, так и иностранных туристов. Эта отрасль привлекает туристов уникальными возможностями увидеть производственные процессы, познакомиться с историей и культурой местной экономики. Однако, с увеличением числа туристов возникает и необходимость в оценке воздействия на экологию. Исследование показывает, как страны различаются в своих подходах к экологии в контексте промышленного туризма. В статье учитывается богатый потенциал России в этой сфере и растущий интерес к экологическому туризму за рубежом,

Постиндустриальный туризм в России развивается в контексте трансформации городских пространств и стремления к созданию комфортной городской среды. Интеграция зеленых крыш в архитектуру туристических объектов и общественных пространств может значительно повысить их привлекательность, создавая уникальные и комфортные пространства для отдыха и досуга.

Также не стоит забывать о важности сохранения экосистем. Зеленые крыши способствуют увеличению биоразнообразия в городских условиях, что может стать ключевым элементом в создании экологических направлений туризма, более того интеграция технологии зеленых крыш в постиндустриальный туризм может стать инструментом для привлечения инвестиций и поддержки местного бизнеса. Это не только создаст новые рабочие места, но и поможет развивать экологически чистые и инновационные проекты, что в долгосрочной перспективе будет способствовать экономическому росту регионов. Таким образом, изучение и внедрение технологии «зеленые крыши» в постиндустриальный туризм в России является актуальной задачей, способствующей как развитию туристической отрасли, так и улучшению качества городской среды.

Целью статьи является рассмотрение технологии «зелёные крыши» как возможного элемента постиндустриального туризма в России.

Ключевые слова

Промышленный туризм, зелёные крыши, экология, устойчивое развитие, экологические инициативы в туризме, загрязнение окружающей среды, ресурсосберегающие практики, международный опыт.

Дата поступления в редакцию

09.04.2025

Дата принятия к печати

20.04.2025

Введение

Для того чтобы познакомиться с такой технологией как «зелёные крыши» и увидеть, как именно она может применяться в промышленном туризме, сначала введём несколько определений и изучим статьи, в которых они рассматриваются более детально.

Промышленный туризм (*industrial tourism*, *англ.*) — это посещение промышленных объектов и производственных предприятий с туристическими целями. К промышленному туризму относятся экскурсии на заводы, фабрики, шахты и другие места, где происходит промышленная деятельность.

Термин «промышленный туризм» начал активно использоваться в 1980-х годах, когда это направление стало развиваться в ответ на растущий интерес к промышленному наследию и технологиям. В этот период началась популяризация экскурсионных программ на промышленных предприятиях, особенно в таких странах, как Великобритания, где наблюдался переход от производственной экономики к постиндустриальной. С начала 1990-х годов интерес к промышленному туризму стал возрастать и в России [6].

Рост числа сайтов и платформ, посвященных промышленному туризму в России, является ярким свидетельством увеличения интереса к этому направлению. Промышленный туризм, который включает в себя экскурсии на промышленные предприятия, заводы, фабрики и другие производственные объекты, становится всё более привлекательным для различных категорий туристов. Перечислим основные причины подобного увеличения популярности:

1. Современные туристы все чаще проявляют интерес к тому, как производится продукция, которую они используют в повседневной жизни. Экскурсии на заводы и фабрики позволяют им познакомиться с процессом производства, узнать о новейших технологиях и увидеть, как работает промышленность.
2. Промышленный туризм не только развлекает, но и образовывает. Туристы могут получить уникальный опыт и знания, что делает такие поездки более ценными. Многие компании предлагают специализированные туры, которые включают в себя образовательные элементы, семинары и дегустации.
3. Увеличение числа сайтов по промышленному туризму способствует развитию локальной экономики. Гостиницы, рестораны и другие сопутствующие услуги могут извлечь выгоду из роста числа туристов, желающих познакомиться с промышленностью региона.
4. Промышленные объекты часто имеют богатую историю и культурную значимость, что делает такие экскурсии интересными и многогранными. Туристы могут узнать о истории региона, о жизни людей, работающих в разных отраслях, и о том, как промышленность формировала культурные и социальные аспекты жизни.
5. Многие предприятия стремятся продемонстрировать свои усилия по устойчивому развитию и экологической ответственности. Промышленный туризм может способствовать популяризации таких инициатив и повышению осведомленности о важности устойчивого производства.

Промышленный туризм можно классифицировать на несколько видов в зависимости от различных критериев, в своей статье сделаем акцент на делении по туристической локации:

- Сталкинг
- Диггинг
- Руффинг
- Урбанизм
- Постиндустриальный

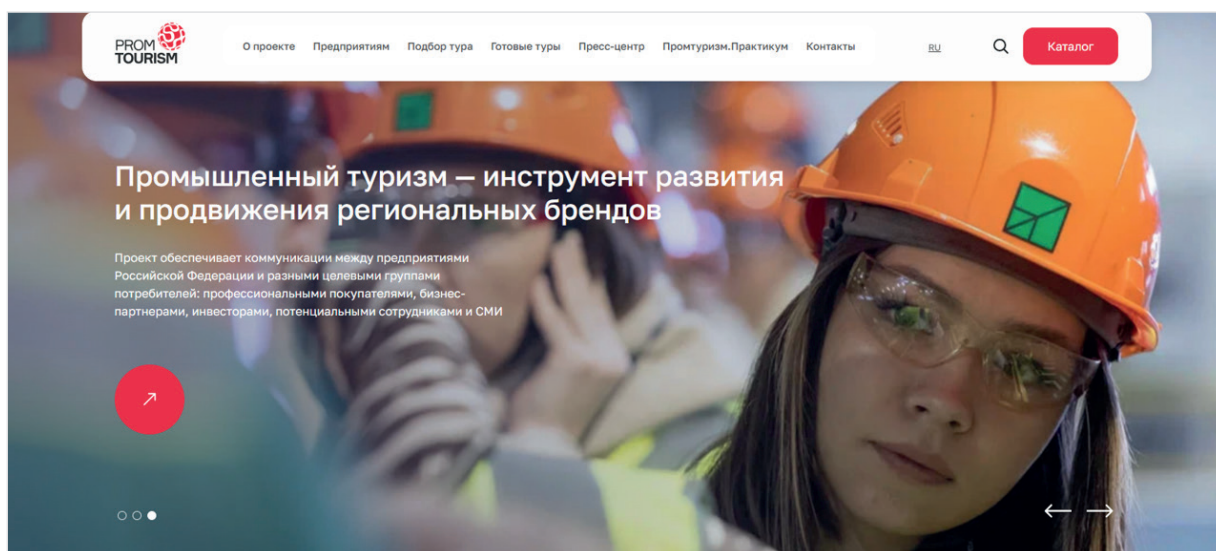


Рис. 1. Фото главной страницы сайта «Promtourism»

Последний вид промышленного туризма по классификации туристической локации мы и рассмотрим в ходе нашей статьи. Постиндустриальный туризм — это концепция туризма, возникающая в условиях постиндустриального общества, данный вид туризма сосредоточен на посещении производств и организаций, закончивших свою производственную деятельность и ныне используемых в преимущественно туристических целях [7].

История постиндустриального туризма также отражает и изменения в обществе и экономике, произошедшие в последние десятилетия. С переходом от индустриального общества к постиндустриальному началось изменение в экономических и социальных структурах. В то время как ранее акцент делался на производство и тяжелую индустрию, в постиндустриальном обществе главной ценностью стали услуги и информация. Это изменение также затронуло и сферу туризма.

В постиндустриальном обществе туристы стали искать не только отдых, но и культурные ценности, аутентичные впечатления и возможность взаимодействия с местной культурой. Это привело к росту интереса к экскурсиям по историческим местам, гастрономическим предложениям и культурным мероприятиям. А с увеличением осведомленности о проблемах экологии и устойчивого развития, постиндустриальный туризм начал акцентироваться на сохранении окружающей среды. Туристы всё чаще выбирают экологически чистые направления, отели и экскурсии.

Появление интернета и мобильных технологий значительно изменило способ планирования и бронирования путешествий. Это спровоцировало рост «умного» туризма, когда туристы используют цифровые платформы для получения информации и организации своего отдыха. Важно помнить, что глобализация также сыграла свою роль в становлении постиндустриального туризма, расширив горизонты для путешествий. Бюджетные авиакомпании, доступные онлайн-услуги и популяризация обмена домами сделали путешествия доступными для большего числа людей. Современные тенденции постиндустриального туризма включают в себя опытный туризм и «цифровое» кочевничество, когда люди совмещают работу и путешествия. Туризм становится более индивидуализированным и ориентированным на потребности отдельного туриста. Поэтому сейчас уже туристическим фирмам приходится активно бороться за внимание и расположение клиента.

Экологические последствия постиндустриального туризма

Постиндустриальный туризм сталкивается с рядом экологических угроз. Туристические компании и местные органы власти должны придерживаться принципов экотуризма, минимизируя негативное воздействие на природную среду. Туризм часто создает нагрузку на природные экосистемы, способствуя деградации среды обитания, загрязнению и утрате биоразнообразия. Углеродный след, связанный с развитием транспорта и инфраструктуры, еще больше усугубляет изменение климата. Практика устойчивого туризма направлена на минимизацию этих негативных последствий [4].

К экологическим угрозам постиндустриального туризма можем отнести множество факторов. Начнём с увеличения нагрузки на экосистемы. Рост туризма приводит к значительному увеличению числа туристов, что может вызывать давление на природные ресурсы и экосистемы. Например, увеличение потока людей в уязвимые районы, такие как национальные парки, может привести к эрозии почвы, повреждению растительности и нарушению местной фауны. В свою очередь это ведёт к снижению качества воздуха и воды, вызванное движением транспорта, использованием ископаемого топлива и неправильной утилизацией отходов. Кроме того, под угрозу попадают места обитания животных и микроорганизмов местной биосферы, которые могут быть уничтожены из-за туристической инфраструктуры, вырубки лесов и изменений ландшафта.

Как мы уже отметили увеличение потока туристов приводит к увеличению числа отходов, а соответственно загрязнению окружающей среды, но здесь есть и менее очевидные последствия, например, шумовое загрязнение. Развитие индустриального туризма тесно связано с промышленными объектами, генерирующими значительное количество шума (в том числе звук работающих станков, транспортных средств, вентиляционных систем и т. д.). Длительное шумовое воздействие может негативно сказаться на здоровье людей посредством стресса, нарушения сна, ухудшения слуха и др. Для туристов, которые могут находиться в таких условиях во время своего отдыха, это может быть и отвлекающим и раздражающим фактом, и серьезной угрозой для здоровья. Высокий уровень шума понижает качество туристического опыта. Люди могут не получить удовольствие от экскурсии, если шум мешает им общаться или наслаждаться окружающей обстановкой. Шумовое загрязнение также влияет на окружающую среду, нарушая привычные поведенческие модели диких животных. Это может привести к изменению экосистем в окрестностях промышленных зон.

Мы не можем не упомянуть и сильную зависимость постиндустриального туризма от использования транспорта, включая авиаперелеты и автомобильные поездки, что приводит к выбросу углерода и другим парниковым газам. Это, в свою очередь, способствует глобальному изменению климата. Сам по себе современный (глобальный) туризм имеет мощный экологический след — отсутствующее представление о последствиях собственных действий, а также высокая дозволенность из-за коммерциализации процесса вовлекают современных туристов в порочный круг. Данная ситуация усугубляется тем, что, находясь вдали от природы, они могут ещё меньше осознавать, какой большой экологический след оставляют.

Однако постиндустриальный туризм довольно противоречив, он не только имеет большой ряд экологических «плюсов», но и все свои «минусы» в некотором смысле переосмысляет. Современный индустриальный туризм часто носит именно экологическую направленность, стараясь репрезентировать современные и наиболее безопасные методы по снижению отходов, их грамотной утилизации, работая в том числе на снижение углеродного следа. В число наиболее современных и multifunctional подходов входит внедрение технологии «зеленые крыши» [3]. Данный вид организации пространства в туристической зоне работает максимально эффективно, в чем можно будет убедиться после описания данной технологии в следующем разделе статьи.

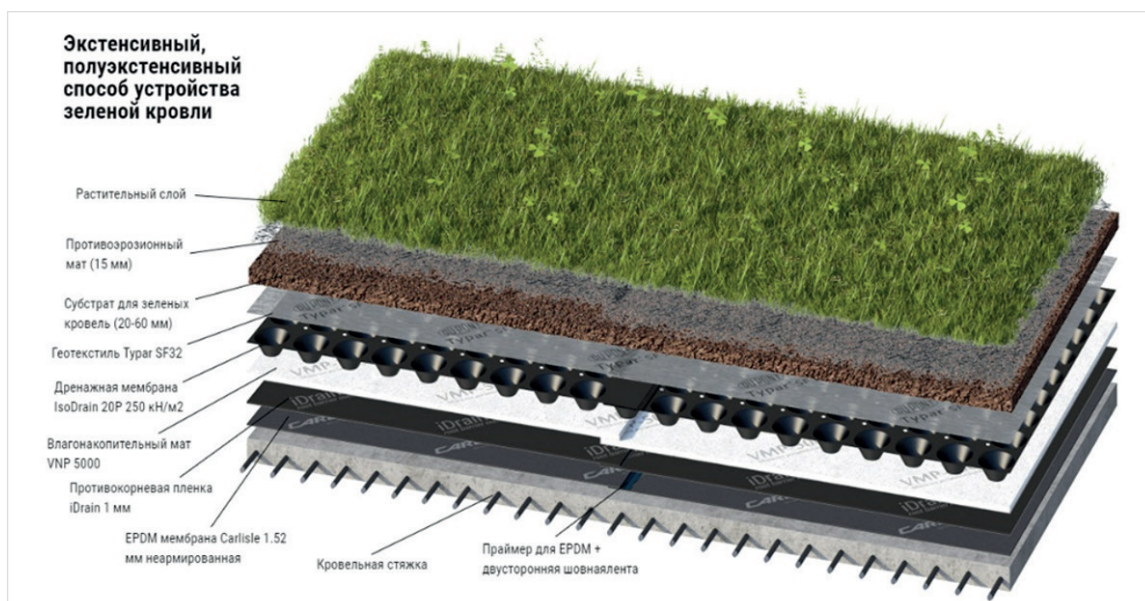


Рис. 2. Схема состава «зелёной крыши»

Мы также выше описывали риски, связанные с излишней коммерциализацией процессов и «все-дозволенностью за оплату», именно направленность на индустриальную сферу способствует борьбе с такими туристическими факторами, например, через поддержку местной экономики. Посещение креативных пространств, созданных из бывших промышленных объектов и малых действующих предприятий, связанных с постиндустриальным туризмом, не только повышает востребованность конкретной туристической зоны, но и обеспечивает рабочие места для местного населения.

Важно отметить такой принцип грамотной организации туризма, как устойчивое управление ресурсами – в рамках постиндустриального туризма местные сообщества могут внедрять стратегии устойчивого управления природными ресурсами, что ведёт к восстановлению разрушенных экосистем и улучшению состояния окружающей среды. Конечно, огромную роль играет основной компонент постиндустриального туризма – реставрация старых зданий и использование их для новых целей, что помогает минимизировать необходимость в новом строительстве и снижает нагрузку на природные ресурсы.

Влияние на экологию постиндустриального туризма за границей

Промышленный туризм за границей все больше фокусируется на аспектах экологии и устойчивого развития. В разных странах реализуются практики, которые помогают минимизировать негативное воздействие этого вида туризма на окружающую среду. Ниже мы рассмотрели несколько примеров.

- **Швеция — Водородный завод в Норрчёпинге.** В Норрчёпинге расположен завод, который производит «зеленый» водород с использованием возобновляемых источников энергии. Посетители могут ознакомиться с процессами производства водорода, а также узнать о его роли в переходе к устойчивой энергетике. Экскурсии включают образовательные программы по темам устойчивости и экологии [3].



Рис. 3. Водородный завод в Норрчёпинге

- **Финляндия — Экскурсии на заводы по производству биопродуктов.** Финские компании, занимающиеся производством биотоплива и экологически чистых продуктов, предлагают экскурсии, которые показывают, как они используют возобновляемые ресурсы и минимизируют отходы. Посетители могут увидеть, как работают современные технологии переработки и какие вклады делает предприятие в охрану окружающей среды.
- **Канада — Тур по месторождениям нефти в Альберте.** В Альберте некоторые компании предлагают культурные туры для изучения процессов разработки нефтяных месторождений, при этом акцентируя внимание на их экологическом влиянии и усилиях по восстановлению экосистем. Этот подход позволяет туристам получить представление о том, как современные технологии и практики могут снижать негативное воздействие на окружающую среду.
- **США — Завод Tesla в Неваде.** Завод Tesla в Неваде, который производит аккумуляторы, также проводит экскурсии для гостей. Здесь акцентируется внимание на производстве экологически чистых технологий и переходе к устойчивой энергетике. Туристы могут узнать о процессах производства и о том, как Tesla способствует снижению углеродных выбросов [4].

Технология «Зелёные крыши» в архитектуре

Система зеленой крыши — это продолжение существующей крыши, которая включает в себя высококачественную гидроизоляцию, систему защиты от корней, дренажную систему, фильтровальную ткань, легкую питательную среду и растения.

Зеленые крыши имеют длинную и интересную историю. В своей статье мы представим краткий обзор на их появления и развития. Первые известные примеры зеленых крыш можно найти ещё в древних цивилизациях. Например, в Месопотамии (современный Ирак) люди использовали растительность на крыше своих домов для создания прохлады и изоляции. Викинги также использовали зеленые крыши, покрывая свои жилища слоем почвы, на котором росла трава. Это обеспечивало теплоизоляцию и помогало зданию сливаться с окружающей природой.

В средние века зеленые крыши стали популярными в Европе, особенно в норвежской архитектуре. Они обеспечивали дополнительные строительные материалы и улучшали термическую изоляцию. В начале 20 века интерес к зеленым крышам возобновился с движением по устойчивой архитектуре. В Германии внимание к этому типу кровли начало вновь привлекаться из-за активизации экологического движения. В последние 30 лет зеленые крыши стали востребованы по всему миру в качестве решения многих экологических проблем на локальном уровне, в том числе управления дождевыми водами и увеличения зеленых насаждений в городах с целью улучшения качества воздуха.

Системы «зеленой крыши» представляют собой многоуровневые конструкции, которые интегрируют природу в городское пространство, способствуя улучшению экологической ситуации в мегаполисах. Эти системы могут быть модульными и состоят из нескольких ключевых компонентов, таких как дренажные слои, фильтровальная ткань, питательная среда и растительные элементы. Каждый из компонентов играет важную роль в обеспечении здоровья растений и поддержании стабильного микроклимата, необходимого для существования самой системы, например, дренажные слои предотвращают затопление и сохраняют влагу, фильтровальная ткань предотвращает вымывание питательных веществ, а питательная среда, состоящая из смеси органических и неорганических компонентов, обеспечивает растения важными элементами для роста.

Растения, используемые в системах «зеленой крыши», часто подбираются в зависимости от климата и условий окружающей среды. Они могут быть уже подготовлены в специализированных подвижных решетках, которые облегчают их установку и уход за ними. Эти решетки могут быть взаимосвязаны между собой, создавая единую экосистему на крыше. «Зеленые крыши» особенно удобны своей лёгкой включаемостью в имеющуюся архитектуру пространства, они могут располагаться не только на ровной поверхности, но и на различных уклонах. Зеленое пространство может быть ниже, на уровне или выше крыши, что способствует созданию дополнительных функциональных зон — от мест для отдыха до уличных садов, но все элементы «зеленых крыш» существуют отдельно от грунта, что позволяет предотвращать перегрузку структуры здания и существенно снижает нагрузку на несущие конструкции.

Зеленые крыши предлагают разнообразные преимущества как для государственных, так и для частных объектов. Они значительно улучшают эстетический вид зданий, являясь простым и эффективным способом преобразования застроенной территории и увеличения её инвестиционной привлекательности. Также такие крыши способствуют уменьшению объема отходов на свалках. Это достигается благодаря продлению срока службы гидроизоляционных мембран и сокращению сопутствующих отходов. Они помогают увеличить долговечность систем отопления, вентиляции и кондиционирования, уменьшая потребность в их использовании. Зеленые крыши эффективно используют дождевую воду: она накапливается в субстрате, затем поглощается растениями и возвращается в атмосферу через процессы транспирации и испарения. В летний период такие крыши способны задерживать от 70% до 90% выпадающих осадков, а зимой этот показатель составляет от 25% до 40% [12].

Форма и топография зеленой крыши зависят от конструкции здания, нужд в обслуживании систем орошения и выбора растений. По типам покрытий эти крыши делятся на экстенсивные и интенсивные. Экстенсивные крыши применяются, когда несущая способность конструкции невелика, или в целях реставрации объектов. Интенсивное озеленение, в свою очередь, используется при новом строительстве, когда предполагается создание общественных пространств и зон отдыха на крыше. Зеленую крышу также можно отнести к инверсионным кровлям, которые характеризуются отличным расположением слоев по сравнению с традиционными конструкциями.

Зеленая эксплуатируемая крыша состоит из нескольких ключевых слоев:

1. **Растительность.** Выбор растений осуществляется с учетом типа зеленой крыши, климатических условий и требований к орошению. Растения являются важным индикатором эффективности работы системы.

2. **Оросительная система.** В условиях изменения климата особое внимание уделяется минимизации использования воды.

3. **Субстрат или техническая среда.** Субстрат служит основой для растений, содержит необходимые микроорганизмы и обеспечивает их водой и питательными веществами. Его характеристики зависят от конструкции и технических требований конкретной зеленой крыши.

4. **Фильтрующий слой из геотекстиля.** Этот слой защищает дренаж от загрязнения частицами субстрата.

5. **Дренажный слой.** Он отводит избыточную влагу из субстрата, что поддерживает здоровую среду для микрофауны.

6. **Защитный слой.** Этот слой предохраняет конструкцию от механических повреждений и утечек. Он изготавливается из полиуретана или резины. На инверсионных крышах защитный слой может быть выполнен из экструдированного пенополистирола, который также обеспечивает теплоизоляцию.

7. **Кровельная мембрана.** Она отделяет верхний слой от нижележащей опоры, выступая в роли непроницаемой преграды для корней растений и защищая конструкцию здания.

В соответствии с предназначением данной кровельной конструкции, для ее монтажа следует выбирать подходящие материалы высокого качества, отвечающие в первую очередь требованиям прочности, устойчивости к ультрафиолету и пожарной безопасности [19].

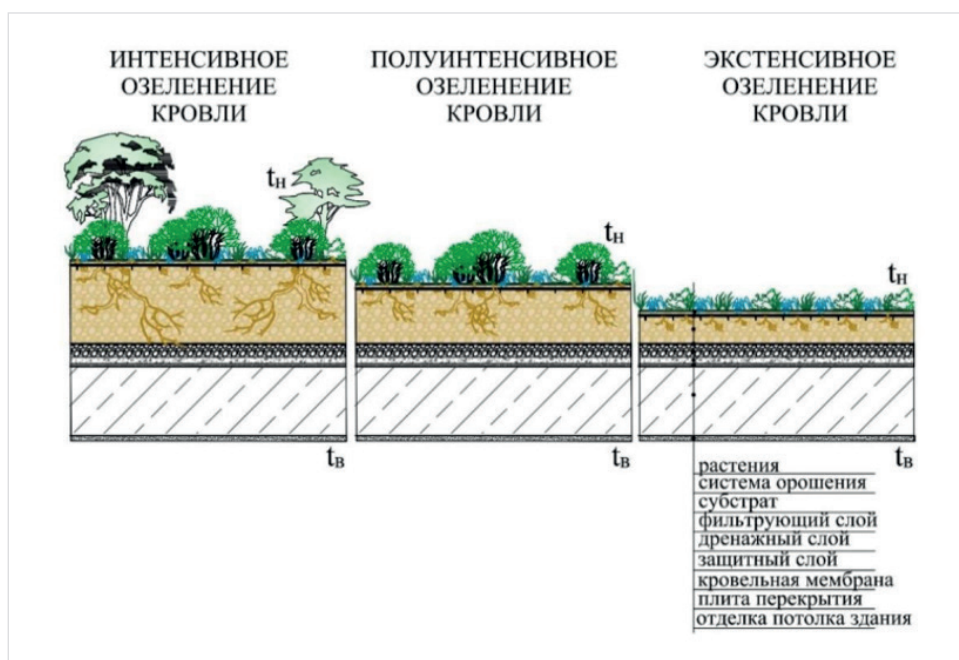


Рис. 4. Послойный состав зеленой крыши

Кроме того, «зеленые крыши» имеют множество плюсов:

- **Снижение температуры воды.** Они уменьшают количество водосточных стоков и задерживают время их поступления, что снижает нагрузку на канализационные системы в периоды максимального расхода.

- *Смягчение теплового эффекта.* Благодаря процессам росы и испарения растения охлаждают воздух на вертикальных и горизонтальных поверхностях, что помогает городам в жаркие летние месяцы и уменьшает эффект городского теплового острова.
- *Снижение загрязнений.* Зеленые крыши уменьшают распространение пыли и твердых частиц в городах, а также способствуют снижению смога, что приводит к уменьшению выбросов парниковых газов и адаптации городов к более теплым летам. Это улучшает качество воздуха и может снизить спрос на электроэнергию, уменьшая выделение CO₂ и других загрязняющих веществ.
- *Создание новых пространств.* Зеленые крыши могут выполнять различные функции, включая общественные сады, коммерческие площади и зоны для отдыха.
- *Новые рабочие места.* Появление зеленых крыш создает рабочие места, связанные с производством, услугами по выращиванию растений, проектированием, установкой и техническим обслуживанием.
- *Улучшенная теплоизоляция.* Зеленые крыши могут значительно снизить потребность в энергии для поддержания комфортной температуры в здании, так как крыши являются основными источниками потерь тепла зимой и перегрева летом. Исследования показывают, что такая крыша может сократить потребность в кондиционировании на более чем 75% в летний период.
- *Защита гидроизоляционной мембраны.* Наличие зеленой крыши уменьшает воздействие больших температурных колебаний от ультрафиолетового излучения на гидроизоляционные материалы.
- *Меньшая тепловая нагрузка.* При горении зеленые крыши выделяют меньше тепла по сравнению с обычными.
- *Отличное шумоподавление.* Зеленые крыши способны снизить уровень внешнего шума на минимум 40 децибел.
- *Повышение конкурентоспособности здания* [8].

Перспективы внедрения «зелёных крыш» в постиндустриальный туризм в РФ

Россия обладает значительным потенциалом для развития постиндустриального и промышленного туризма благодаря своей богатой истории индустриализации и разнообразным производственным объектам. Экскурсии на промышленные предприятия, старинные фабрики и современные заводы предоставляют туристам возможность ознакомиться с различными отраслями промышленности, а также с уникальными аспектами процесса добычи полезных ископаемых и его экологическими последствиями. Таким образом, развитие промышленного туризма может не только создавать новые рабочие места, но и способствовать улучшению условий жизни в промышленных регионах.

Несмотря на растущий интерес к промышленному туризму, экологические аспекты часто остаются на втором плане. Местные власти нередко не имеют ресурсов для мониторинга общественного воздействия, но некоторые предприятия уже внедряют экологические практики, такие как сертификация по международным стандартам. Примеры успешного индустриального туризма, акцентирующего внимание на экологии, уже существуют в России. Например, в Санкт-Петербурге преобразованные промышленные объекты становятся культурными центрами, в Туле проводятся экскурсии на предприятия, внедряющие передовые экологические технологии, а в Татарстане акцентируется внимание на экосистемных подходах в производственном процессе [1].

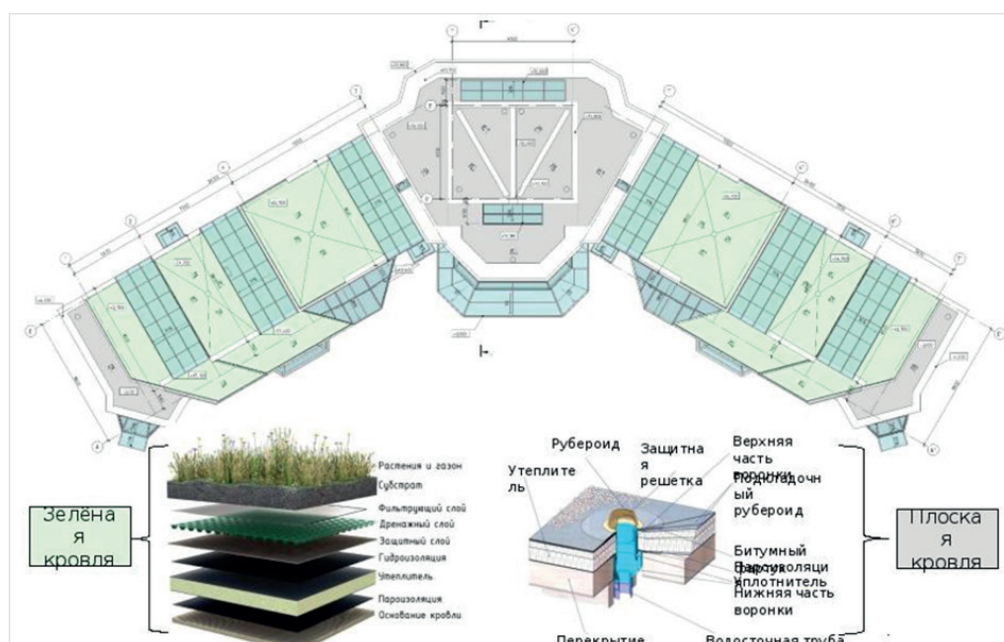


Рис. 5. План кровли с применением технологии «зелёная крыша»

В контексте отечественного постиндустриального туризма внедрение технологий «зелёных крыш» может стать важным шагом к созданию более устойчивых и привлекательных промышленных объектов, за счет снижения температуры окружающей среды, улучшения качества воздуха и т. д. Также они обеспечивают энергосбережение, уменьшая затраты на отопление и кондиционирование, что делает предприятия более энергоэффективными. В качестве преимуществ зеленых крыш для промышленного туризма в нашей стране можно вспомнить не только экологические выгоды (снижение загрязнения и поглощение углекислого газа), но также и привлечение туристов, интересующихся экотуризмом. Более того, пространство зелёных крыш открывает широкие возможности для организации образовательно-просветительских направлений.

В России проекты по внедрению зелёных крыш начинают развиваться. В крупных городах, таких как Санкт-Петербург и Москва, уже имеются инициативы по озеленению крыш, что можно считать основой для развития аналогичных практик на производственных объектах. При этом современные технологии делают создание зелёных крыш более доступным и эффективным. Географическое разнообразие России позволяет использовать различные растения, адаптированные к местным условиям.

Выводы

Сравнивая экологические перспективы промышленного туризма в России и за рубежом, в своём исследовании мы пришли к следующим выводам:

1. В Европе существует более устойчивая и регулируемая система промышленного туризма, в России же эта отрасль только начинает развиваться.
2. Россия нуждается в разработке государственной стратегии по развитию устойчивого промышленного туризма, которая бы учитывала экологические аспекты. Также важно не только повышать осведомленность туристов, но и обучать предприятия экологическим нормам и практикам.
3. Россия имеет отличные возможности для заимствования зарубежного опыта и переноса успешных практик на свои территории.

Промышленный туризм представляет собой уникальную возможность для развития региона и повышения осведомленности о производственных процессах. Однако, чтобы избежать негативного воздействия на окружающую среду, необходимо внедрять устойчивые практики и учиться на опыте других стран. Россия может значительно выиграть от адаптации зарубежных успешных инициатив, направленных на гармонизацию отношений между природой и экономикой.

Библиографический список

1. Докашенко Л. В. Полянина С. С. Промышленный туризм как эффективный инструмент развития экономики региона: формирование рыночного хозяйства: теория и практика: сборник научных статей, вып. 14. Издательско-полиграфический комплекс «Университет» (Оренбург), 2013. С. 93–97.
2. Константинова А. С., Панченко О. Л. Промышленный туризм: особенности и перспективы развития в России. Казанский вестник молодых учёных. 2022. Т. 6. № 3. С. 82–91.
3. Люнг, Х. У., и Ли, У. (2019). Экономические последствия развития туризма на разных этапах экономического развития. Управление туризмом, 70, 368–379.
4. Никулина Ю. Н. Промышленный туризм в мировой практике: особенности организации и тенденции развития // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 9. С. 1–5.
5. WHAT IS INDUSTRIAL AND POST-INDUSTRIAL TOURISM? TRAVEL TRENDS// Online journal “The alternative travel guide”. [Режим доступа] <https://www.thealternativetravelguide.com/2020/03/07/what-is-industrial-and-post-industrial-tourism-meaningful-travel-trends-in-tourism/>.
6. Савельева Ю. К. Применение технологий зеленых крыш в архитектуре. Магистерская диссертация. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; Санкт-Петербург, Россия. 2022.
7. Истомин Б. С., Туркина Е. А. Архитектурный потенциал пространства крыш многоэтажных жилых зданий // Жилищное строительство. 2013. №10.
8. Низамиева Э. Р. Возможность адаптации «зеленых» стандартов к российской проектной деятельности // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 4 (87).
9. Горгорова Ю. В., Миндзаева М. Р. Сравнительный анализ зарубежных стандартов экологического строительства и их влияние на формирование российских экостандартов // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2146.
10. Павлова В. А., Кашицына А. А. Зеленые технологии и природа внутри здания // Architecture and Modern Information Technologies. 2019. №3 (48).
11. Dogmusoz B. Benefit-cost analysis of an extensive green roof project in Izmir Katip Celebi University Cigli campus // Journal of Art and Design. 2023. №3 (11).
12. Calheiros C. S. C., Stefanakis A. I. Green roofs towards circular and resilient cities // Springer Nature. 2021. №1(1-2).
13. Bianchini F., Hewage K. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials // Building and Environment. 2012. №48.
14. Cirrincione L., La Gennusa M., Per, G., Rizzo G., Scaccianoce G., Sorrentino G. & Aprile S. Green roofs as effective tools for improving the indoor comfort levels of buildings—an application to a case study in Sicily // Applied Sciences. 2020. 10(3). № 893.

INTEGRATION OF “GREEN ROOFS” TECHNOLOGY INTO POST-INDUSTRIAL TOURISM IN RUSSIA

P. I. Mushakova
Ia. A. Korzhempo

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

Abstract

Industrial tourism is a form of tourism focused on visiting industrial sites such as factories, mines, manufacturing plants and other places where industrial activities are carried out or have been carried out.

Industrial tourism, which includes visits to industrial facilities and industries, is gaining popularity among both Russian and foreign tourists. This industry attracts tourists with unique opportunities to see production processes, get acquainted with the history and culture of the local economy. However, with the increase in the number of tourists, there is also a need to assess the environmental impact. The study shows how countries differ in their approaches to ecology in the context of industrial tourism. The article takes into account the rich potential of Russia in this area and the growing interest in eco-tourism abroad,

Post-industrial tourism in Russia is developing in the context of the transformation of urban spaces and the desire to create a comfortable urban environment. The integration of green roofs into the architecture of tourist sites and public spaces can significantly increase their attractiveness, creating unique and comfortable spaces for recreation and leisure.

Also, do not forget about the importance of preserving ecosystems. Green roofs contribute to an increase in biodiversity in urban environments, which can become a key element in creating ecological tourism destinations, moreover, the integration of green roof technology into post-industrial tourism can become a tool to attract investment and support local businesses. This will not only create new jobs, but also help to develop environmentally friendly and innovative projects, which in the long term will contribute to the economic growth of the regions. Thus, the study and implementation of green roofs technology in post-industrial tourism in Russia is an urgent task that contributes both to the development of the tourism industry and to improving the quality of the urban environment.

The purpose of the article is to consider the “green roofs” technology as a possible element of post-industrial tourism in Russia.

The Keywords

Industrial tourism, green roofs, ecology, sustainable development, environmental initiatives in tourism, environmental pollution, resource-saving practices, international experience.

Date of receipt in edition

09.04.2025

Date of acceptance for printing

20.04.2025

Ссылка для цитирования:

П. И. Мушакова, Я. А. Коржемпо. Интеграция технологии «зелёные крыши» в постиндустриальный туризм в России. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 126–137.



УДК 72.03

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_138-143

АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ КАК РЕСУРС РАЗВИТИЯ ГОРОДА

П. А. Шелапутин *

В. В. Пименов **

* Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва

** Государственный университет по землеустройству (ГУЗ), г. Москва

Аннотация

В статье рассматриваются актуальные проблемы сохранения культурно-исторического наследия городов. Определяется понимание архитектурно-исторического наследия, как важнейшего ресурса прогрессивного развития городской среды. На примере двух объектов, близких в типологическом отношении, (водонапорных башен) отдельно рассмотрена проблема непоследовательности подходов в обращении с городским архитектурно-историческим наследием. Сделана попытка выявления причин существования данной проблемы. Авторами делается вывод о необходимости дальнейших исследований в целях совершенствования требований эффективного обращения с культурно-историческим ресурсом города.

Ключевые слова

Городская среда, архитектурно-историческое наследие, ресурс прогрессивного развития, водонапорная башня, художественная ценность, объект культурного наследия, архитектура.

Дата поступления в редакцию

21.04.2025

Дата принятия к печати

26.04.2025

Гармоничное развитие городской среды сочетает в себе необходимость достижения и поддержания высоких уровней как технической, так и духовно-нравственной культуры. Важнейшими выразителями последней являются историко-культурные ценности. В соответствии с определением Д. С. Лихачева, приведенном в «Декларации прав культуры», культурно-историческое наследие составляют: «язык, идеалы, традиции, обычаи, обряды, праздники, памятные даты, фольклор, народные промыслы и ремесла; произведения искусства, музейные, архивные и библиотечные фонды, коллекции, книги, рукописи, письма, личные архивы; памятники археологии, архитектуры, науки и искусства, памятные знаки, сооружения, ансамбли, достопримечательные места и другие свидетельства исторического прошлого; уникальные ландшафтные зоны и местности археологического, исторического и научного значения, совместные творения человека и природы, современные сооружения, представляющие особую ценность с точки зрения истории, искусства или науки, а также другие предметы и явления, обладающие историко-культурной ценностью» [1]. В этом отношении успешность полноценного развития города, как сложного социального организма, зависит не только от деятельности учреждений образования, культуры и искусства, но и определяется ответственным обращени-

ем с культурно-историческим наследием, важнейшей частью которого являются объекты городской исторической архитектуры. Во многом через обращение, наглядно выражаемое в состоянии и судьбе объектов, транслируется отношение не только к конкретным зданиям (памятникам), но и целиком ко всей сфере, которую они олицетворяют — истории и культуре. Исследователь-китаевед В. В. Малявин также выделяет огромную социально определяющую роль культуры: «культура, не данность, а путь самореализации личности; она не столько присваивает человеку его идентичность, сколько дает средства для этой идентичности» [2, с. 9].

Отдельно, по мнению авторов, следует рассмотреть проблему непоследовательности в отношении к объектам, обладающим ценными культурно-историческим признаками. В качестве иллюстрации таковой были выбраны два типологически временно и территориально близких, но «контрастных» по своей сути примера.



Рис. 1. Башня XIX века на Ходынской улице¹



Рис. 2. Снос башни²

¹ Источник фотографии: <https://dzen.ru/a/XVEN73tL0gCtyCks>.

² Источник фотографии: <https://redeveloper.ru/upload/iblock/18d/03.jpg>.

Первый (отрицательный) пример демонстрирует расточительное и во многом неосмысленное отношение к объекту исторической архитектуры [3–6], располагавшемуся на Ходынской улице в Москве. Под сомнительным предлогом башня, датируемая концом XIX века и являвшаяся частью сооружений железнодорожной станции Москва-Товарная-Смоленская, была объявлена самостроем и уничтожена. Это пример является характерным, и в независимости от декларируемых оснований, показывает, как легко игнорировалась самостоятельная культурная и архитектурно-художественная ценность многих теперь уже утраченных исторических объектов, не получивших необходимого охранного статуса (рис. 1, 2).

Второй, уже безусловно положительный пример, является практически исключительным, поскольку демонстрирует использование сложной технологии, не применявшейся в нашей стране уже около сорока лет. В этом случае сохраняемый архитектурный объект (башня 1899 года постройки, расположенная на территории бывшего компрессорного завода «Борец») был передвинут на расстояние более ста метров. Сооружение находилось на территории, выделенной под возведение нового жилого квартала (ЖК «Шереметьевский», возведенный ГК «ПИК»), и попадало в зону непосредственного строительства. Застройщиком было принято решение не только использовать ценные для проектируемой среды историко-культурные и художественные качества башни, но и расположив её на новом месте, приспособить объект под коммерческие и офисные помещения (рис. 3).

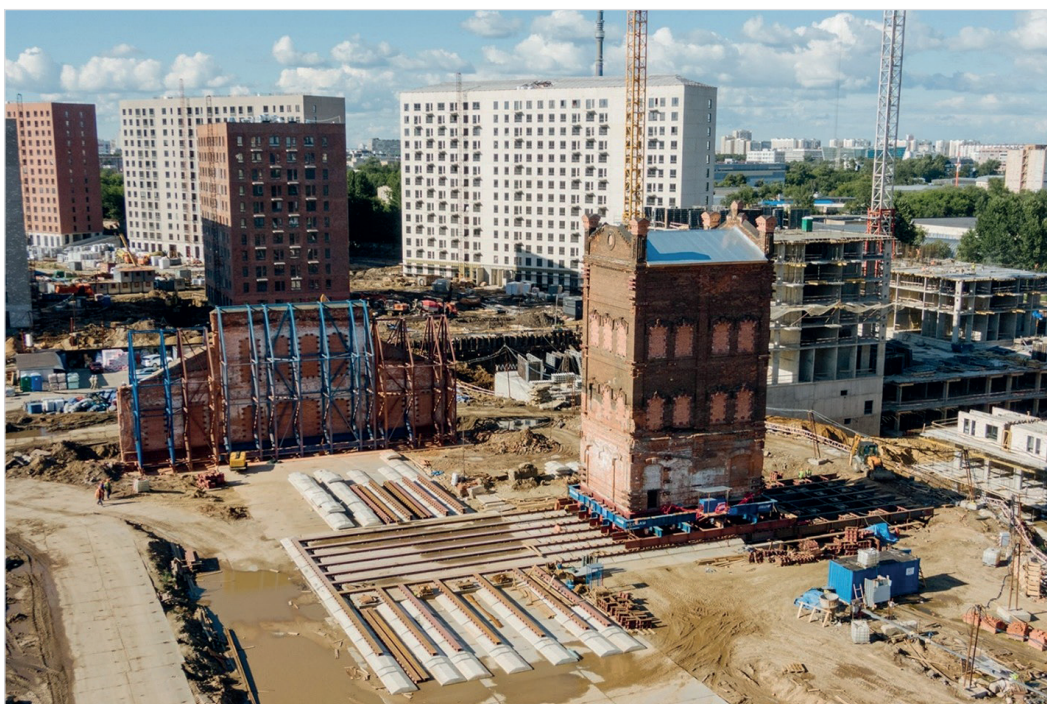


Рис. 3. Перемещение водонапорной башни завода «Борец»³

Причины непоследовательного отношения к архитектурному наследию, безусловно требующие дополнительного изучения, являются следствием негативных процессов городского развития. К основным актуальным проблемам сохранения культурно-исторического наследия российских городов относятся:

³ Источник фотографии: https://stroimsk.ru/uploads/cache/gallery_media_full/gallery_media/0002/16/b630c3908886b5070483d7e26f47e30a10405e75.jpeg.

- недостаточная информированность жителей города о реальной ценности объектов культурно-исторического наследия;
- неисполнение норм и законов охраны объектов культурного наследия, в результате чего гибнет масса объектов, обладающих уникальной ценностью;
- отсутствие ясного правового регулирования при решении задач сохранения рядовых исторических зданий. При этом масса объектов, не имеющих категории охраны, и обладающая реальной художественной и культурно-исторической ценностью, по сути, ничем не защищена;
- фрагментация исторической среды. Когда бессистемная застройка, реализуемая, вне комплексного подхода, учитывающего ценность культурно-исторического контекста городской среды, ухудшает восприятие как отдельных исторических объектов, так и среды в целом. Дальнейшее нарушение среды при этом происходит прогрессирующими темпами;
- недостаточное финансирование реализации мероприятий по сохранению объектов культурного наследия. Величина государственных и частных инвестиций в подобные проекты зависит от бюджета города, уровня деловой активности и т. д.;
- лишение архитектурно-исторических объектов реальной функционально-экономической роли, а значит снижение их общей вовлеченности в жизнь города.

Проблема, приведенная последней, возможно, является недооцененной, но именно её решение позволит полноценно задействовать огромный потенциал таких объектов в качестве ресурса прогрессивного развития городской среды. Город не может эффективно развиваться без постоянного рационального решения вопроса (проблемы) нового и старого. Высокая интенсивность социально-экономических процессов предъявляет особые требования к актуальности существующей (эксплуатируемой) инфраструктуры. Задача соответствия актуальным функциональным потребностям определяет качественное и количественное изменение материального фонда, в первую очередь, объектов архитектуры. Чтобы по-настоящему задействовать этот потенциал (в качестве ресурса городского развития) исторические объекты должны, в массе своей, получить наиболее актуальное функциональное наполнение. Только в этом случае сработает связь «жизнь тогда — жизнь сейчас». Поскольку, в случае отсутствия каких бы то ни было утилитарных задач, (практически полезных назначений), связанных объектом исторической архитектуры, он теряет в восприятии людей огромную долю реалистичности своего существования и становится скорее скульптурой, отчасти сказочной, иногда и просто характеризуется как «мертвый объект, лишенный жизни» [7, с. 140]. При этом теряется (упущен) важнейший фактор — воспитательный. А. Н. Буйнов и А. Ю. Казарян отмечают важнейшую роль исторической архитектуры города: «старые здания (как и комплексы этих зданий) являются живым свидетельством конкретных периодов развития города и могут многое рассказать о горожанах, их образе жизни и мировоззрении. При этом знание истории, отраженное в застройке городов, помогает сформировать нравственную основу современного человека и оказывает на него воспитательное воздействие, в том числе и патриотического характера» [7, 8].

В обращении с историко-архитектурным наследием необходим исключительно комплексный подход, при котором объект обязательно становится неотъемлемым элементом существующей инфраструктуры. Настоящее сохранение возможно, когда объект полезен в первую очередь функционально. В этом случае историческое здание сохраняется, не только как памятник, но и как функционирующее звено в неразрывной цепи городской жизни. Поэтому повышение вовлеченности объектов, обладающих важнейшими признаками культурно-исторической идентичности, в непосредственную экономическую жизнь позволяет наполнить и обогатить жизнь города, объе-

динить в восприятии людей историю и современность, во многом устранив серьезный ценностный и культурологический разрыв. Оптимальное решение обсуждаемых важнейших задач возможно, по мнению авторов, только при комплексном научном подходе, что указывает на необходимость проведения дополнительных исследований в данном направлении.

Библиографический список

1. Лихачев Д. С. «Декларация прав культуры» URL: <http://www.lihachev.ru/lihachev/deklaratsiya/123/> (дата обращения 1.09.2024).
2. Малявин В. В. Китай управляемый. Старый добрый менеджмент / В.В. Малявин. М.: «Европа», 2007. С. 9.
3. Воронов Ю. В., Пугачев Е. А. История отрасли и введение в специальность «Водоснабжение и водоотведение»: учебник. — М.: Издательство АСВ, 2012. 392 с.
4. Андрианов А. П., Ефремов Р. В., Хургин Р. Е. Проблемы современного водоснабжения // Системные технологии. 2022. № 3 (44). С. 5–13.
5. Хургин Р. Е., Кулагина А. С. Современный взгляд на водопотребление городов // Системные технологии. 2021. № 1 (38). С. 62–65.
6. Хургин Р. Е., Чухин В. А. Управление жизненным циклом систем внутреннего водоснабжения зданий // Системные технологии. 2021. № 4 (41). С. 110–117.
7. Буйнов А. Н., Казарян А. Ю. Непрерывность развития архитектурного образа города. Проект Байкал. 2024. № 81. С. 138–145. DOI: <https://doi.org/10.7480/projectbaikal.23>.
8. Казарян А. Ю. Реставрация памятников и современная архитектура. пересечения решений и смыслов // Современная архитектура мира. 2016. № 7. С. 114–128.

ARCHITECTURAL HERITAGE AS A RESOURCE FOR THE DEVELOPMENT OF THE CITY

P. A. Shelaputin *

V. V. Pimenov **

* Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow

** State University Of Land Use Planning (SULUP), Moscow

Abstract

The article discusses the current problems of preserving the cultural and historical heritage of cities. The understanding of architectural and historical heritage as the most important resource for the progressive development of the urban environment is determined. Using the example of

The Keywords

Urban environment, architectural and historical heritage, a resource for progressive development, a water tower, artistic value, an object of

two objects that are typologically similar (water towers) The problem of inconsistency of approaches in dealing with the urban architectural and historical heritage is considered separately. An attempt has been made to identify the causes of this problem. The authors concludes that further research is needed to improve the requirements for effective management of the cultural and historical resource of the city.

cultural heritage, architecture.

Date of receipt in edition

21.04.2025

Date of acceptance for printing

26.04.2025

Ссылка для цитирования:

П. А. Шелапутин, В. В. Пименов. Архитектурное наследие как ресурс развития города. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 138–143.





УДК 72.036

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_144-151

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПОЛИТИКЕ СССР ПЕРВЫХ ПЯТИЛЕТОК

Л. Л. Яблонский

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация

Объектом исследования являются объекты инженерной инфраструктуры и промышленное строительство в годы первых пятилеток светской власти, рассматриваемый как основной вектор роста и экономического развития страны. Строительство согласно плану ГОЭЛРО (Государственная комиссия по электрификации России) оказало огромное влияние на рост и урбанизацию городов, как центров развития промышленного производства и не могло не отразиться на градостроительной политике СССР. *Актуальность:* необходимость проработки теоретических основ, практического планирования и реализации в кратчайшие сроки новых городов, центром развития которых стала промышленность, реконструкция и реновация исторических городов, на планировочную структуру которых, как и на всю среду жизнедеятельности оказывало огромное влияние создание новых центров индустриализации, стала основой для объединения профессиональных коллективов и создания Российский института градостроительства и инвестиционного развития — ГИПРОГОРА (1930). *Методы исследования:* системный анализ объектов индустриального наследия с проведением комплексной оценки архивных источников, исторических документов, мемуаров современников и научных трудов по данной тематике. *Основные результаты* исследования состоят в анализе роли интенсивного периода индустриализации страны и ее влиянии на градостроительную политику СССР, а также всех коммунально-бытовой сферы жизнедеятельности общества в этот исторический период.

Ключевые слова

Индустриализация, градостроительство, новые города, СССР, ГОЭЛРО, пятилетний план развития страны.

Дата поступления в редакцию

09.04.2025

Дата принятия к печати

20.04.2025

Введение

В первые годы после установления Советской власти в СССР существенное влияние на градостроительную деятельность оказала концепция «города-сада». Это направление, зародившееся еще до Октябрьской революции и возглавляемое архитектором В. Семеновым, послужило отправной точкой для создания проектов реконструкции таких городов, как Москва и Петроград. Вопросы, затронутые в этих проектах, охватывали проблему расселения, баланс между центрами города и его окраинами, а также важность пригородных зон [1].

Множество поселков для рабочих создавалось специально для обслуживания промышленных предприятий. Примером успешных проектов рабочих поселков может служить поселок, созданный

для Шатуры в 1918 году и разработанный Л. Весниным. Эти поселки отличались четким зонированием, удобным размещением малоэтажных домов, погруженных в зелень, а также удачным сочетанием жилых кварталов с общественными зданиями, включая школы и больницы [2]. Ярким примером служит также поселок имени Степана Разина на Апшероне, спроектированный А. Иваницким и В. и А. Весниными в 1925 году, где применены передовые на то время градостроительные решения.

В начале 1920-х годов началась масштабная градостроительная дискуссия по вопросам расселения. Одним из ключевых вопросов стало отношение к концепции «города-сада». Противники этой идеи аргументировали свою позицию экономической нецелесообразностью и социальной неприменимостью подобной формы поселений для массового строительства. Вскоре всё большее внимание стало уделяться проблемам создания благоустроенных жилых комплексов для рабочих на окраинах крупных промышленных городов. Одним из первых примеров такого подхода стал поселок Арменикенд в Баку [3].

Заслуживает внимания проект, разработанный Б. Сакулиным в 1918–1922 гг. для Московского района, который стал первым в мировой практике примером районной планировки. В этом проекте Сакулин предложил видение развития крупных городов через создание агломераций промышленных поселков, соединенных транспортной инфраструктурой, окруженных зелеными поясами и рассредоточенными по территории жилыми районами. Такой подход позволял эффективно распределять промышленность и жилые зоны, обеспечивая комплексную организацию городских пространств [4].

Материалы и методы

Большое влияние на развитие градостроительной практики оказал план ГОЭЛРО, который предусматривал рациональное размещение промышленности по территории СССР, а также стимулирование экономического и культурного роста отдаленных и слабоосвоенных районов. Одной из ключевых задач плана было создание промышленных агломераций, которые способствовали бы более эффективному использованию ресурсов страны [5].

В 1929–1930 гг. в печати развернулась острая дискуссия о будущих направлениях градостроительства. В центре внимания оказались вопросы, касающиеся роли крупных городов и их взаимодействия с сельскими районами, а также будущего рабочего жилья. В ходе дискуссии сформировались три основные концепции расселения, каждая из которых предлагала свой подход к организации пространств [6].

Первая концепция, названная «соцгородом», предполагала создание небольших компактных поселений при крупных промышленных предприятиях. Подобные поселения должны были стать самостоятельными единицами с ограниченным населением до 100 тысяч человек. Концепция была реализована в ряде проектов, таких как планировка Кузнецка (архитекторы А. и Л. Веснины) и жилищные комплексы в Сталинграде. Второй подход, дезурбанизм, отвергал компактные городские образования, предлагая децентрализованное расселение рабочих вдоль транспортных магистралей, что нашло отражение в проектах для Магнитогорска и Зеленого города [7].

Третья концепция была разработана Архитектурным объединением урбанистов (АРУ) и основывалась на необходимости создания гибкой планировочной структуры города, которая могла бы приспособиваться к его количественному и качественному росту. Например, Н. Ладовский предложил схему развивающегося города в виде параболы. Это позволяло городу расширяться, сохраняя при этом гармоничную структуру [8].

Основная часть

Среди многочисленных градостроительных проектов, реализованных в Советском Союзе в первые пятилетки, можно выделить два ключевых направления: первое — создание новых городов в свя-

зи с развитием крупных предприятий социалистической индустрии; второе — реконструкция исторически сложившихся городов. Принципы, которые в то время формировались в советском градостроительстве, нашли своё отражение на нижегородской земле, где были реализованы такие важные проекты, как соцгород при автозаводе в Нижнем Новгороде (1929 г.), город Правдинск, созданный при целлюлозно-бумажном комбинате им. Ф. Э. Дзержинского в годы первой пятилетки (1930-е гг.), и город Дзержинск, выросший рядом с предприятиями химической промышленности (1929 – 1930 гг.). Строительство города Заволжье, связанное с возведением Горьковской ГЭС, началось уже в послевоенные годы — в 1947 году [9].

1920-е и 1930-е годы ознаменовались бурным строительным подъёмом в Свердловске (современном Екатеринбурге), что стало следствием активного развития тяжёлой промышленности на Урале. В эти годы в город и его окрестности направлялись значительные инвестиции. Одним из символов этого периода стало здание Государственной промышленности и площадь Дзержинского (ныне площадь Свободы) в Харькове, представляющие собой примеры конструктивистской архитектуры. Это наследие конструктивизма сейчас вызывает особый интерес и защищается украинским народом, стремящимся включить эти объекты в список всемирного наследия ЮНЕСКО. В 2004 году даже была проведена международная конференция, посвящённая этой проблеме.

Ярославль — это не только древний город с богатым историческим наследием, но и современный промышленный центр, который особенно активно развивался в советское время. История этого города отражает все этапы развития советской архитектуры. Здесь мы можем наблюдать смену стилистических направлений, появление новых типов жилых и общественных зданий, а также крупных промышленных предприятий, которые органично вписались в градостроительную структуру города [9, 10].

Переименование Царицына в Сталинград (ныне Волгоград) в 1925 году открыло новую главу в истории этого города. Он стал важным полигоном для реализации новых социальных и архитектурных идей. Из уездного города Сталинград превратился в крупный промышленный центр, который быстро развивался, воплощая образ социалистического города. Эта концепция была зафиксирована в генеральном плане Сталинграда 1929 года, разработанном В. Семёновым и Д. Соболевым, где впервые были применены авангардные принципы градостроительства [11, 12].

Огромный объём строительства периода социалистической индустриализации потребовал радикального пересмотра проектных и строительных подходов. В этот период создавались крупные государственные проектные и строительные организации, которые обеспечили реализацию масштабных проектов. Для крупных заводов характерной чертой была большая площадь и значительные расстояния между зданиями, что делало генеральные планы более компактными и экономичными.

Промышленная архитектура в этот период прошла два этапа развития: первый этап (1917 – 1925 гг.); второй этап (1926–1932 гг.). В первые годы индустриализации основное внимание уделялось предприятиям лёгкой промышленности и строительных материалов. Знаковым объектом советской промышленной архитектуры стала трикотажная фабрика «Красное Знамя» в Ленинграде, построенная в 1930 году по проекту архитектора Э. Мендельсона (*рис. 1*).

Таким образом, советская промышленная архитектура и градостроительство 1920–1930-х годов были тесно связаны с развитием социалистической индустрии, что отразилось как на создании новых городов, так и на реконструкции исторических [12].

Опыт строительства крупных гидроэлектростанций сыграл важную роль в развитии промышленной архитектуры в Советском Союзе. Волховская ГЭС (1918 – 1926 гг.), по мощности превосходящая все ранее существовавшие электростанции в России, стала одним из первых значимых объектов этого типа. Другим крупным проектом того времени была Днепропетровская ГЭС (1927 – 1932 гг.), построенная в Запорожье под руководством академиков А. Винтера и Б. Веденеева, которая также занимает

важное место в истории советской промышленной архитектуры. Эти гидроэлектростанции не только обеспечивали электроэнергией промышленные предприятия и города, но и служили примерами переводной инженерной мысли и архитектурных решений (рис. 2) [13, 14].



Рис. 1. Здание трикотажной фабрики «Красное Знамя» в Ленинграде (архитектор Э. Мендельсон, 1925–26 гг.)



Рис. 2. А — схема реконструкции Великого водного пути

В 1930-х годах в Москве был разработан проект Великого водного пути, который включал планы по реконструкции рек Волги, Верхней и Нижней Оки. В период с 1935 по 1936 годы были проведены исследования, учитывающие несколько важных факторов: природные особенности долины реки Оки, роль Окского бассейна в экономике СССР и его стратегическое географическое положение, которое позволяло использовать бассейн как важный транзитный узел между северными и южными регионами, а также между западной и восточной частями европейской территории страны [3].

Водохозяйственные работы на реке Оке включали в себя её транспортное использование и использование прилегающих земельных участков [3]. На реке Оке было множество перекаток, которые значительно осложняли судоходство, повышая стоимость перевозок. Кроме того, пойменные луга использовались для нужд сельского хозяйства, что создавало дополнительное значение для водно-земельного использования долины реки [3]. До 1935 года река Ока не имела значительного энергетического значения, и её потенциал использовался лишь частично [3].

План электрификации России 1920 года (ГОЭЛРО) сыграл огромную роль в восстановлении и развитии советской экономики [3]. Это был первый в мире проект, который предусматривал индустриализацию страны на базе электрификации и охватывал длительный период, где основное внимание уделялось развитию тяжёлой индустрии. Волховская гидроэлектростанция, построенная в 1926 году, стала символом достижения советской энергетической индустрии и важнейшим элементом всей энергетической системы страны.

Вопросы рационального природопользования обусловлены острыми градоэкологическими проблемами: потерей биоразнообразия городской среды, деградацией защитного природного каркаса, уменьшается протяженность естественных биоценозов, сокращением площади лесов и парков, обмелением рек и ручьев. Реализация идеи устойчивого развития города, создания в нем комфортной и безопасной среды, происходит посредством формирования природного каркаса города на уже имеющейся системе зелёных территорий [15]. В ходе достижения целей устойчивого развития природного каркаса необходимо понимание экологических закономерностей и процессов в городских экосистемах: выяснение происхождения экологических компонентов городской среды; знание об экологических процессах, происходящих внутри городских природных экоструктур. На основе экологических знаний должны быть разработаны схемы управления, поддерживающие разнообразие природных комплексов, включающие также мероприятия по их защите [15].

Выводы. Архитектурный облик сооружений, построенных в годы первых пятилеток, был уникален и выделялся среди прочих объектов. Советские архитекторы стремились создавать масштабные объемно-пространственные комплексы зданий и сооружений ТЭЦ, которые являлись архитектурной доминантой не только огромных по площади и масштабу заводских территорий, но и акцентами локальных функциональных зон городской среды. К числу ярких примеров данного направления строительства, демонстрирующего характерные черты архитектуры 1920-х годов, несомненно можно отнести ТЭЦ № 11 в Москве. Её строительство началось в 1931 году, в ходе которого были использованы простые формы и рационалистический подход к организации пространства.

Генеральный план Уральского завода тяжелого машиностроения в Свердловске, заложенного в 1928 году, является значимым примером промышленного проектирования этого периода. Основу планировочной структуры составила основная магистраль завода, идущая с севера на юг и соединяющая предзаводскую площадь с обращенными к ней торцами производственными корпусами. Данная структура позволила организовать эффективное движение транспорта, разделяя грузовые и пешеходные потоки, что способствовало бесперебойной работе предприятия и сокращению времени передвижения работников.

Не менее интересен пример строительства Челябинского тракторного завода, которое велось в 1930–1933 гг. по тщательно разработанному генеральному плану завода архитекторами А. Фисенко, В. Шевцов и инженером А. Величкиным. Согласно плану основная заводская площадь окружена группой административных зданий, от них начиналась широкая заводская эспланада, пересекаемая продольными проездами под прямым углом, создавая ясную и логичную структуру производственных кварталов. Важным элементом плана стало озеленение территории, что улучшало условия работы и создавало более комфортную рабочую среду.

Период первых пятилеток в СССР характеризовался началом массовой типизации промышленных зданий и активной индустриализацией строительства. Достижения в технологиях и конструкциях способствовали быстрому развитию промышленной архитектуры. К концу данного периода был накоплен значительный опыт в проектировании и решении градостроительных задач. Масштаб градостроительства 1930-х годов оказался неожиданным даже для самих архитекторов, но предшествующие годы поисков, конкурсов и теоретических обсуждений подготовили их к новым вызовам. Это помогло не только разработать эффективные проекты, но и успешно реализовать их на практике, что стало важным этапом в развитии советской архитектуры в последующие десятилетия.

Библиографический список

1. *Пастух О. А.*, Жилищно-коммунальное строительство города Тулы в годы первой пятилетки (1928–1932 гг.) // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. № 11-1. С. 327–341
2. *Пастух О. А.*, Промышленные предприятия и инженерные сооружения Тульского края, оказавшие непосредственное влияние на развитие областного центра в годы первых советских пятилеток (1928–1940 гг.) // Современные проблемы истории и теории архитектуры. Сборник докладов научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2016. С. 63–67.
3. *Пастух О. А.*, План реконструкции р. Оки (1935 г.). его роль и значение для исторических русских городов Московской области в период индустриализации // Великие реки' 2016. Труды научного конгресса: в 3-х томах. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет; ответственный редактор А. А. Лапшин. 2016. С. 141–143.
4. *Пастух О. А.*, К вопросу о реорганизации промышленных зон на примере территорий автомобильного завода ЗИЛ в Москве // Современные проблемы истории и теории архитектуры. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. отв. ред. М. В. Золотарева. 2018. С. 111–117.
5. *Pastukh O. A., Gray T. C., Golovina S. G.* Restored layers: reconstruction of historical sites and restoration of architectural heritage: the experience of the United States of America and Russia (on the example of St. Petersburg) *Architecture and Engineering* .2020. Vol. 5, Issue 2. Pp. 17–23. DOI: 10.23968/2500-0055-2020-5-2-27-34.
6. *Зеленов Б. И.* Мы проектируем города. К 90-летию Ленгипрогора (РосНИПИ-Урбанистики). История и люди. Том 4. СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «Коста», 2019. 496 с.
7. *Pastukh O. A., Gray T. C., Golovina S. G.* Reconstruction and restoration of historical objects: international experience. 2021. *Architecture and Engineering*. Vol. 6, Issue 1, Pp. 32–41. DOI: 10.23968/2500-0055-2021-6-1-40-49.

8. Надырова Х. Г., Сайфуллина Л. Ш., Куприянов В. Н., Мирсаянов И. Т., Будкевич Н. М., Юсупова К. Р. Актуализация эффективных стратегий по преобразованию индустриального наследия // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 1 (63). С. 114 – 128.
9. Крогиус В. Р. Исторические города России как феномен ее культурного наследия. М.: Прогресс-Традиция, 2009. — 312 с.
10. Романова А. И., Шагиахметова Э. И., Терентьев А. Г., Галимова Л. Р., Хусаинова Д. Р. Сравнительный анализ вариантов ревитализации промышленных объектов // Экономика и предпринимательство. 2022. № 10 (147). С. 1180 – 1185.
11. Надырова Х. Г. Градостроительно-археологические памятники как объекты массового туризма: проблемы использования и сохранения // Историко-культурное наследие как потенциал развития туристско-рекреационной сферы. Материалы Международной научно-практической конференции. Составители А. К. Ярмухаметова, В. Р. Алиакберова. Научные редакторы Р. Р. Юсупов, Р. М. Валеев. 2017. С. 223 – 229.
12. Дембич А. А., Афонина О. В., Бутузова А. С., Мухамедзянова З. Н. Градостроительная концепция как основа инвестиционных программ развития локальных территорий // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 2. С. 12.
13. Романова А. И., Шагиахметова Э. И., Хусаинова Д. Р. Зарубежный и российский опыт ревитализации промышленных объектов // Экономика строительства и жилищно-коммунального хозяйства. 2023. № 1 (2). С. 15 – 24.
14. Гайворонская З. И., Айдарова Г. Н. Классификационные особенности водных компонентов и структур в формировании архитектурной среды // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 4 (42). С. 8 – 14.
15. Баклаженко Е. В., Перькова М. В. Вопросы формирования природно-экологического каркаса урбанизированных территорий малых городов // В сборнике: НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ. Сборник материалов Всероссийской конференции. 2022. С. 102 – 104.

INDUSTRY IN THE URBAN PLANNING POLICY OF THE USSR OF THE FIRST FIVE-YEAR PLANS

L. L. Yablonskii

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

Abstract

The study focuses on the objects of engineering infrastructure and industrial construction during the first five-year plans of the Soviet government, which were considered the main driver of growth and economic development for the country. The construction according to the GOELRO plan, which was the State Commission for Electrification of Russia, had a significant impact on

The Keywords

Industrialization, urban planning, new cities, USSR, GOELRO, five-year development plan of the country.

the growth and urbanization of cities as centers for industrial production development. This had an inevitable effect on the urban planning policies of the USSR. The need to develop new cities with industry at their core, as well as to reconstruct and renovate existing historical cities that were influenced by the growth of industry, formed the basis for the establishment of GIPROGOR, a professional team dedicated to urban planning and investment development.

Founded in 1930, GIPROGOR played a crucial role in shaping the urban landscape of the Soviet Union.. Research methods: a systematic analysis of industrial heritage sites, with a comprehensive assessment of archival sources, historical documents, memoirs of contemporaries, and scientific works on this topic. The main results of the study include an analysis of the role of the intense period of industrialization in the country and its impact on urban planning policies in the USSR, as well as on all communal and household aspects of society during this historical period.

Date of receipt in edition

09.04.2025

Date of acceptance for printing

20.04.2025

АРХИТЕКТУРА

ARCHITECTURE

Ссылка для цитирования:

Л. Л. Яблонский. Промышленность в градостроительной политике СССР первых пятилеток. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 144–151.



Л. Л. ЯБЛОНСКИЙ
Промышленность в градостроительной политике СССР...



УДК 725.9

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_151-158

АРХИТЕКТУРА НАУКОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ

С. Х. Алам Эль Дин

И. Н. Гарькин

Г. И. Фазылзянова

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва

Аннотация

В связи с поддержкой государства науки значительную роль в развитии экономики играют наукоемкие производства. В работе проводится сравнительный анализ в части сравнения современных наукоградов и времен СССР. Проанализировав современные проекты в Российской Федерации авторами выделены основные принципы проектирования подобных объектов.

Ключевые слова

Архитектура, технопарк, наукоград, инновационный кластер, наукоемкое производство, модель.

Дата поступления в редакцию

20.04.2025

Дата принятия к печати

28.04.2025

В настоящее время большое внимание в нашей стране уделяется развитию наукоемких отраслей с помощью создания научных баз, таких как инновационные кластеры, технопарки и т. д. Архитектура наукоемких производств играет важную роль в создании комфортной, эргономичной архитектурной среды для обеспечения новых рабочих мест, увеличении экспорта и повышении уровня жизни населения.

Цель создания инновационных кластеров — развитие высокотехнологичных секторов экономики и поощрение передовых технологий. Благодаря современным архитектурным возможностям проектирования в таких кластерах может формироваться среда, в которой взаимодействуют научные, образовательные и коммерческие организации. Это позволяет эффективно обмениваться знаниями и опытом, а также оперативно внедрять новые технологии в производство. В современном понимании функциональная схема инновационного кластера включает в себя всю необходимую для работы инфраструктуру, а это офисные и производственные помещения, лаборатории, конференц-залы, коворкинги, центры обработки данных и т. д. Инновационный кластер (ИК) можно понимать, как научный центр, это более мелкая модель ИК, которая выступает как один объект, а не группа предприятий. Научно-исследовательский центр, как правило, отданы только под одну из областей науки: медицины, химию, физику и т. д. Хотя и существуют многофункциональные центры, где работают ученые из разных областей науки для создания синергического эффекта.

Архитектура научно-исследовательских образований имеет свою историю и за последние 10 лет вновь набирает обороты. Проектируются отечественные современные кластеры с текущими потреб-

ностями общества и страны. Свое начала данные проекты берут от прототипа — Наукограда СССР. Во времена СССР они включали в себя различные функциональные зоны, их объемно-пространственная планировка позволяла человеку существовать в комфортных условиях. К сожалению, распад СССР для научных баз стал переломным моментом, долгие годы в Российской Федерации не происходило кардинальных изменений с проектированием наукоградов, в связи, с чем архитектурные модели стали значительно отставать от зарубежных аналогов. Тем не менее, после 2000-х годов вновь возобновляется развитие данных предприятий и в настоящее время зарождается новая модель инновационных площадок. [1, 2]

Их архитектурная модель представляет собой многофункциональное пространство, поделенное на функции: научные базы и лаборатории, офисные пространства и административные, рекреационные и технические пространства. Тем самым модель совмещает несколько предприятий в единое архитектурное пространство, то, что актуально для современного этапа индустриального мира.

Современная модель задействована не только одним комплексом, она занимает пространства, как и раньше целых научных городов, только в современном понимании. Под современностью подразумевается автоматизированное производство, робототехника и элементы искусственного интеллекта. Все это значительно облегчит жизнь человека и будет развивать его интерес к науке.

Проанализируем развитие архитектуры научно-исследовательских предприятий со времен СССР (с конца 1930 годов) по настоящее время.

В работе [1] отмечалось, что «становление инновационных кластеров в России можно рассматривать с развития наукоградов в СССР с конца 1930-х годов и особенно после Великой Отечественной войны», авторами выделяются несколько периодов создание наукоградов в СССР: «Первый период конец 1930 – начало 1940 годов. Второй период вторая половина 1940 – начало 1960 гг. Главное направление данного периода — ракетно-космическая и атомные программы. Третий заключительный период 1960 – 1980 гг. связан с появлением новых научных направлений и усилением имеющихся центров».

Из-за исторических событий, таких как распад СССР и становление Российской Федерации, проектирование и развитие наукоемких предприятий перестало развиваться (некоторые наукограды объединялись, некоторые переставали действовать). Однако, в 2000-х годах начинается воссоздание данных моделей. Так в 2010 году был анонсирован проект инновационного центра Сколково, расположенного Одинцовском районе Московской области. Государство начинает активно поддерживать и иные подобные образования, выпуская соответствующие законы, например с 2012 года Министерство экономического развития России реализует программу поддержки инновационных территориальных кластеров. Её цель — укрепить сотрудничество между предприятиями и научно-образовательными учреждениями, которые входят в кластеры, повысить научно-технический и производственный потенциал инновационно активных регионов России.

Из проведенного исторического анализа архитектуры научных кластеров были выделены основные черты проектирования наукоградов в СССР и их аналогов в настоящее время. Данные представлены в виде сравнительной *таблицы 1*.

Таблица 1

Сравнение наукограда во времена СССР и в настоящий момент

Признаки сравнения	Наукоград во времена СССР	Научные центры сейчас
Открыты для общества	Да, но были также и закрытые наукограды от общества. Например, города закрытого типа, деятельность, в которых	Да. В настоящее время научные предприятия делают открытыми для города.

	связана с реализацией особо значимых для страны проектов в области атомной энергетики, ракетно-космической отрасли и производства современного вооружения.	
Многофункциональные	Да. В основу проектирования советских наукоградов был заложен принцип функционального зонирования городской территории: выделялись зоны жилых массивов, производственных предприятий, рекреационные зоны.	Да. Современная модель включает в себя основные функции для комфортного пребывания человека в данном пространстве.
Месторасположение	В основном обособлены от городов.	Рядом с городом, внутри города.
Расположение	Рядом с Москвой, также располагались на севере страны	Не имеют четкого плана расположения, создаются на основе предпосылок
Направления	Чаще всего упоминают отрасли, связанные с военной промышленностью: от ядерной физики до биологии. Но и в мирных направлениях создание наукоградов было вполне действенным.	Разнообразные направления в основном технические науки, естественные.
Площадь застройки	Довольно большая, так как на территории располагался и жилой блок.	Площадь застройки варьируется, может быть выделено одно здание может состоять из нескольких, как правило жилье не предусматривается.

В настоящее время формируется новая архитектурная модель научно-исследовательских центров, которая включает в себя такие принципы как *многофункциональность, экологичность, доступность* [3, 4].

Рассмотрим каждый из этих принципов. *Многофункциональность* обеспечивается за счет, создания т площадок, где будут располагаться рабочие зоны (офисные помещения, административные), научно-исследовательские (сюда можно отнести лекционные помещения, лабораторные, коворкинги, помещения для хранения инвентаря и материалов исследований и т. д.), рекреационные пространства как внутри, так и снаружи, технический блок (обслуживание данных площадок). В Российской Федерации уже созданы функционирующие проекты, например, Иннополис в Республике Татарстан; ряд проектов готовятся к реализации, например Реновация ДСК-500, технопарк «Густав» Москва и т. д. Экологичность осуществляется с помощью применения экологичных материалов, соответствующих характеристикам устойчивой архитектуры. Доступность подразумевается под тем, что НИЦ располагаются в городе или рядом с ним, т.е. в доступной среде. В *таблице 2* продемонстрированы наиболее характерные проекты, с точки зрения применения принципов. В каждом из этих проектов архитекторы старались применить как можно больше выделенных принципов, представленных выше [5, 6].

Таблица 2

Примеры современных проектов научно-исследовательских центров

Проект	Описание	Изображение
Реновация ДСК-500, Тюмень, Россия Бюро HADAA	Бюро HADAA предложило гибкую структуру с плавным взаимопроникновением пространств разного назначения и типологии. Степень открытости или закрытости регулируется с помощью модели Хаффа. Авторы с помощью экономической теории распределяют пространство, не слишком изменяя здание, а лишь «моделируя» его. Предложенное решение обеспечивает гибкость в освоении существующего строения и позволяет постепенно вносить изменения, исходя из условий и требований. Это делает технопарк «драйвером» развития территории.	
Технопарк «Густав», Москва, Россия Бюро IND	Особенность креативно-производственного кластера возле Савеловского вокзала — сочетание инноваций в современных зданиях и истории в корпусах бывшего завода «Борец». Внутри нового здания — просторные помещения без колонн. На фасадах — конструктивные элементы, которые служат арт-объектами: лестница-труба, винтовая лестница, световая инсталляция. Технопарк креативных индустрий «Густав» может сочетать в себе пять различных функций, которые могут быть реализованы как в современных, так и в исторических помещениях: производство, склад, офис, шоурум формата b2b и магазин формата b2c.	

Научные центры на базе МГТУ им. Баумана Сергей Кузнецов, ТПО «Прайд»	Основные цели проекта: интеграция образования, науки и производства; создание условий для проведения передовых исследований и разработок. В рамках проекта планируется: модернизировать существующие научные лаборатории и создать новые; привлечь ведущих учёных и специалистов к работе в университете; организовать совместные исследования с российскими и зарубежными партнёрами; внедрить новые образовательные программы и методики обучения; развивать систему дополнительного профессионального образования; Реализация проекта позволит МГТУ им. Баумана стать одним из лидеров в области подготовки кадров для высокотехнологичных отраслей экономики и внести значительный вклад в развитие российской науки и техники.	
Инновационного научно-технологического центра МГУ «Воробьёвы горы»	В Москве инновационной площадкой для научных и технологичных проектов станет ИНТЦ МГУ «Воробьёвы горы». Он будет состоять из девяти кластеров по направлениям: нанотехнологии, информационные технологии, биомедицина, экология, робототехника, гуманитарные и когнитивные науки, космические исследования. Концепция строительства ИНТЦ МГУ «Воробьёвы горы» учитывает опыт взаимодействия с городом крупнейших мировых университетов, таких как Сорбонна или Оксфорд. В этих городах научный кластер становится частью городской среды, в то время как в России вузы часто изолированы от города.	

На основе сформулированных принципов (*многофункциональность, экологичность, доступность*) рассмотрены архитектурные проекты: Реновация ДСК-500; Технопарк «Густав»; Научные центры на базе МГТУ им. Баумана; Инновационного научно-технологического центра МГУ «Воробьёвы горы»; Инновационного научно-технологического центра МГУ «Воробьёвы горы». Вышеуказанные объекты, отвечают современным потребностям государства в развитии научной отрасли и могут коррелировать с промышленными предприятиями оптимизируя научную деятельность страны. Следование принципам позволяет создавать архитектуру инновационных кластеров [7, 8]

Исходя из представленных примеров, можно выделить несколько составляющих, для улучшения развития предприятий:

- **развитие** инфраструктуры с интеграцией с городской средой; (развивать инфраструктуру вокруг НИЦ, для обеспечения комфортных условий для жизни и работы сотрудников);
- **поддержка** научных разработок;
- **сотрудничество** с другими научными учреждениями;
- **применение** принципов устойчивой архитектуры;
- **социально-ориентированный подход** (архитектура должна учитывать социальные потребности и интересы общества, в т. ч. способствовать интеграцию производства в городскую среду, созданию рабочих мест и улучшению качества жизни населения).

Библиографический список

1. С. Х. Алам Эль Дин, Н. С. Калинина. Особенности архитектуры научно-исследовательских центров и развитие наукоградов со времен СССР по настоящее время. — Системные технологии. — 2023. — № 1 (46). — С. 208 – 219.
2. Плешивецев А. А., Король Е. А., Сабитов Л. С., Гарькин И. Н. Архитектурно-бионический подход к отображению функций и форм архитектурных объектов // Региональная архитектура и строительство. 2024. № 2 (59). С. 189 – 194.
3. Ауров В. В. Траектории развития теории архитектурного пространства XX века // Архитектура и современные информационные технологии. — 2020. — № 4(53). — С. 57 – 73.
4. Мирхасанов Р. Ф., Сабитов Л. С., Гарькин И. Н. Особенности формирования «Новой архитектуры» на примере пяти отправных точек Огюста Перре Инженерные исследования. 2024. № 3 (18). С. 20 – 26.
5. Радионов Т. В., Бугайчук В. А. Архитектура научно-технологических комплексов нового поколения в городах Донбасса // Строитель Донбасса. – 2024. – № 2 (27). – С. 6 – 11.
6. Радионов Т. В., Маренков К. А., Бугайчук В. А. Особенности формирования архитектуры научно-технологических комплексов: динамика отечественной и зарубежной практики с учетом элементов социально-экономического развития// Строитель Донбасса. 2023. № 4 (25). С. 6 – 11.
7. Лилуева, О. В. Архитектурное формирование технопарков на базе наукоградов : дис. ... канд. архитектуры : 05.23.21 / Ольга Владимировна Лилуева; Нижегород. гос. архитектурно-строительный ун-т. — Нижний Новгород, 2011. — 185 с.
8. Скачков Ю. П., Данилов А. М., Гарькина И. А. Модификация метода ПАТТЕРН к решению архитектурно-строительных задач // Региональная архитектура и строительство. — 2011. — № 1. — С. 4–9.

ARCHITECTURE OF HIGH-TECH INDUSTRIES

S. H. Alam El Din
I. N. Garkin
G. I. Fazylzyanova

P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

Abstract

Due to the state support of science, high-tech industries play a significant role in the development of the economy. The work provides a comparative analysis in terms of comparing modern science cities and those of the USSR. Having analyzed modern projects in the Russian Federation, the authors identified the main principles for designing such objects.

The Keywords

Architecture, technology park, science city, innovation cluster, high-tech production, model.

Date of receipt in edition

20.04.2025

Date of acceptance for printing

28.04.2025

Ссылка для цитирования:

С. Х. Алам Эль Дин, И. Н. Гарькин, Г. И. Фазылзянова. Архитектура наукоёмких производств. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 151 – 158.





УДК 72.01

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_159-166

ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНАЯ СРЕДА СТАНИЦЫ ЕЛАНСКОЙ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ СОХРАНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

А. В. Бергман

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация

В статье рассматривается историко-архитектурная среда станицы Еланской как с точки зрения формирования объемно-пространственной структуры, так и с позиции анализа ее современного состояния и выявления возможных путей сохранения и развития. В основной части публикации рассматривается хронология развития Еланской, в которой можно проследить историко-генетический код станицы, содержащий пространственные и нематериальные аспекты, имеющие важное значение при регенерации архитектурной среды. При помощи концепции «историко-культурного каркаса» рассмотрены ценностные характеристики архитектурной среды станицы. Также проведен обзор трех современных направлений сохранения и развития историко-архитектурной среды. В результате применения методов синтеза и теоретического моделирования, автором выявлены актуальные направления и рекомендации, демонстрирующие перспективы сохранения и развития историко-архитектурной среды станицы Еланской.

Ключевые слова

Архитектурно-композиционная доминанта, воссоздание и композиция среды, интерактивная музеефикация, историко-культурный каркас, историко-архитектурная среда, казачья станица, регенерация исторической среды, станица Еланская.

Дата поступления в редакцию
16.05.2025

Дата принятия к печати
19.05.2025

Введение

Данная статья является продолжением цикла работ автора, посвященных историко-архитектурной среде малых исторических поселений на прибрежной территории реки Дон в Ростовской области [1–4]. Проблематика сохранения и развития малых исторических поселений не теряет своей актуальности в течении длительного периода времени, особенно в условиях современного экстенсивного развития гиперурбанизированных структур (агломераций). На сегодняшний день Ростовская область является также значимым элементом с точки зрения концепции историко-культурного каркаса России, предложенной С. К. Регамэ и К. Б. Маркус [6, с. 48–56]. А малые исторические поселения (казачьи станицы) являются неотъемлемой частью историко-культурного каркаса региона — концепции, предложенной А. Л. Гельфонд и А. В. Лисицыной [5, 7]. Поэтому объектом исследования для данной публикации выступает станица Еланская (в т. ч. ее историко-архитектурная среда), являющаяся одним из знаковых поселений для Донского казачества и транслятором его материальной культуры.

Методология исследования

Для исследования историко-архитектурной среды станицы Еланской применяется следующие методологическая база: анализ архивных и литературных источников, сопоставление и сравнение данных различного характера, теоретическое моделирование, синтез и прогнозирование.

Основная часть

Объектом изучения в данной публикации является станица Еланская в Ростовской области. С исторической точки зрения, можно выделить следующие важные этапы в формировании станицы:

1. Конец XVII – начало XVIII вв. — первые упоминания о станице как о новом центре притяжения для увеличившегося населения соседней станицы Вешенской [3, с. 190].

2. Конец первой трети XVIII в. — местоположение станицы Еланской корректируется в связи с природными условиями (жизненный цикл реки Дон и др.). Такие события присутствуют в истории большинства прибрежных станиц на берегу Дона [3, 4]. В этот период закладывается главная архитектурная доминанта станицы — церковь Св. Николая Чудотворца [3, с. 190]. Но пока она представляет собой небольшую деревянную постройку.

3. Конец второй трети XVIII в. — создаются основные структурные связи «станция – хутор» благодаря формированию шести основных прилегающих хуторов [3, с. 190 – 191]. Происходит формирование торговых связей станицы.

4. Конец XVIII в. — в этот период происходит увеличение численности населения, что способствовало ускорению процесса формирования новых транспортных связей (создание переправ через реки Елань и Дон). Также стоит отметить развитие сельского хозяйства.

5. Начало XIX в. — происходит активное развитие юрта станицы Еланской: на донском правобережье находится 17 хуторов, включенных в состав юрта, а на левобережье — 22. Такое стремительное развитие юрта усилило центральное значение станицы Еланской — она являлась юртовым административным центром.

6. Ближе к концу первой трети XIX в. происходит важное событие. После успешного выступления казаков в Отечественной войне 1812 года, станица получает архитектурный символ (композиционную доминанту), напоминающий о славных событиях и казачьей доблести — каменную церковь во имя Святого Николая Чудотворца.

7. Во второй трети XIX в. получили развитие ремесленные направления деятельности казаков — торговля (преимущественно), сельское хозяйство, кузнечное дело и другие ремесла, связанные с повседневным бытом.

8. В последней трети XIX в. активно развивалось образовательное направление в станице — были основаны мужское и женское приходские училища, а позднее (начало XX в.) также церковно-приходская школа.

9. События XX в. можно обобщить следующим образом. Важные события Революции, Гражданской Войны и Великой Отечественной Войны являлись социальными событиями, в значительной степени повлиявшими на формирование общества на Дону в этот период. Не остались в стороне от них и станицы, в том числе исследуемая станица Еланская. Ускорение процесса урбанизации и оттока населения в города повлияли на численность и структуру населения станицы.

В настоящее время можно наблюдать значительное уменьшение числа жителей станицы (по статистике на 2023 год — 50 человек), а также изменение ее административного устройства [3, с. 191]. Существующая проблематика историко-архитектурной среды станицы прочно связана с указанной выше

хронологией ее формирования. В историко-генетическом коде станицы содержатся основные аспекты, имеющие важное значение при регенерации архитектурной среды Еланской, а также помогающие выявить ее ценностные характеристики. Рассмотрим кратко ценностные характеристики архитектурной среды станицы Еланской, при помощи концепции «историко-культурного каркаса» [3, 5, 7].

Историко-архитектурная среда станицы Еланской

В диссертационном исследовании автора статьи проведена классификация донских станиц по конфигурации архитектурно-композиционного ядра историко-культурного каркаса, в результате которой Еланская относится к типу казачьих станиц (Тип 2) с сохранившейся подлинной композиционной доминантой [3, с. 76]. Относительно применяемой в указанном исследовании [3] концепции, на сегодняшний день церковь Св. Николая Чудотворца (рис. 1) и прилегающая церковная площадь являются композиционной доминантой в структуре планировки архитектурно-композиционного ядра историко-культурного каркаса станицы.

В результате проведенного анализа [3, с. 111–113] архитектурно-композиционного ядра станицы Еланской установлено, что историческая планировочная структура сохранила свою целостность в достаточной мере для корреляции современного состояния исторических транспортных осей с данными архивных планов, характеризующих регулярную застройку (рис. 1). Если обратиться к современному состоянию историко-архитектурной среды станицы, то можно наблюдать, что в Еланской утрачены объекты ядра и ткань застройки, но при этом сохранена основная доминанта, формирующая образ и силуэт архитектурно-композиционного ядра историко-культурного каркаса в прямой связи с ландшафтом (в соотношении «объект – фон»). Церковь Св. Николая Чудотворца является одновременно доминантой семантического каркаса, существующего в станице — именно церковь и прилегающая к ней площадь были пространственным маркером для всех важных общественных событий, происходящих в станице, а также были неразрывно связаны с формированием «узнаваемого» или «характерного» образа общественного пространства в ментальной карте поселения [9, с. 64–79].

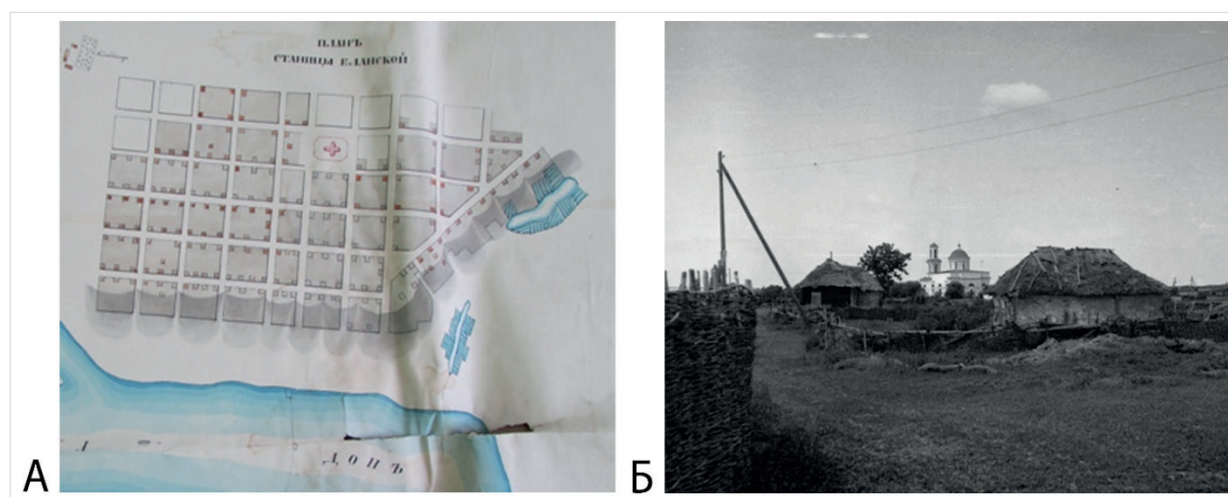


Рис. 1. А. Фрагмент плана станицы Еланской, 1853 г. Б. Вид на застройку и церковь Св. Николая Чудотворца, около 1970-х гг.¹

¹ Источник изображений — [3, с. 346, 351].

Современные направления сохранения и развития историко-архитектурной среды

На основании авторского анализа актуальных тенденций в области сохранения и развития историко-архитектурной среды [2, с. 45 – 50] предлагается провести обзор следующих направлений:

1. Регенерация историко-архитектурной среды. Это направление особенно актуально на текущий момент, так как демонстрирует применение комплексной методики сохранения и развития, позволяющей одновременно работать с различными элементами среды при этом оставаться в рамках единой средовой структуры, в отличие от метода точечного сохранения архитектурного объекта, который был популярен ранее в профессиональном сообществе, и в меньшей степени учитывал средовые связи. Подобная стратегия имеет высокие шансы на успех при адаптации для малых поселений, где помимо основной цели сохранить физическое состояние застройки (с помощью реставрации и консервации), существует задача, связанная с наполнением её новыми смыслами и функциями. Регенерация реализуется за счет единовременного применения таких форм работы со средой как благоустройство общественных пространств, восстановление исторических маршрутов, ревалоризация нематериального культурного наследия и привлечение местного сообщества к процессу ее развития.

2. «Интерактивная» музеефикация. В отличие от традиционного понимания музеефикации, «интерактивная» музеефикация позволяет не только изучать формы, характерные для локальной архитектуры, но и погружаться в исторический контекст, быт и культуру местного населения. Особенностью этого направления является принцип «живого музея», когда пространство остаётся действующим и «контактным» для посетителей в противовес традиционным статичным экспозиционным ансамблям. На фоне возросшего интереса к культурному туризму, можно наблюдать широкое распространение музеев-заповедников, в которых сохраняются и демонстрируются образцы традиционной архитектуры, но именно в современном прочтении они интегрированы в большей степени в активное взаимодействие с туристами [8].

3. Воссоздание и рекомпозиция среды. Ещё одним современным направлением является воссоздание и рекомпозиция среды, которое сочетает в себе задачи по популяризации культурного наследия и создания новых культурных точек роста в малых исторических поселениях, в том числе для привлечения туристов и инвесторов. Помимо классических туристических «городков ремесел», воссоздающих историческую среду определённого периода, в качестве основных объектов, принадлежащих к этому направлению, можно назвать лэнд-арт парки, сочетающие в своей структуре искусство, природу и архитектуру [10]. Лэнд-арт парки размещаются в естественных ландшафтах и используют элементы традиционной локальной культуры (историко-генетический код места) [11], что позволяет создать уникальную связь между прошлым и настоящим, за счет интеграции арт-объектов и малых архитектурных форм, позволяющих творчески осмыслить существующее пространство и внедрить новые точки интереса в среду.

Таким образом, направления сохранения и развития историко-архитектурной среды характеризуются переходом от узкоохранного подхода к более широкому пониманию наследия как ресурса устойчивого развития архитектурной среды. Регенерация, «интерактивная» музеефикация, воссоздание и рекомпозиция среды позволяют не только сохранять архитектурное наследие, но и активировать его социальную, экономическую и культурную функции. Туристическая составляющая при этом играет ключевую роль, обеспечивая финансирование, повышая осведомлённость и способствуя формированию нового исследовательского начала по отношению к историческому наследию.

Перспективы сохранения и развития историко-архитектурной среды станицы Еланской

В результате применения методов синтеза и теоретического моделирования, автором выявлены следующие направления и рекомендации, демонстрирующие перспективы сохранения и развития историко-архитектурной среды станицы Еланской.

1. Регенерация историко-архитектурной среды.

- 1.1. В первую очередь для трансляции архитектурной традиции казачества стоит вовлекать молодых архитекторов к работе с историко-архитектурной средой станицы, а также необходимо сосредоточиться на трёх ключевых направлениях: восстановлении утраченной застройки, создании новых объёмно-пространственных решений, соответствующих традициям архитектуры верхнего Дона, а также организации регулярного мониторинга состояния объектов культурного наследия и городской среды.
- 1.2. Рекомендуются сохранить историческую планировочную структуру с акцентом на центральной части (площадь и церковь — доминанта). Обеспечить непрерывность «бассейна видимости» вдоль ключевых зрительных осей, особенно в их наиболее удалённых точках, где должна сохраниться возможность визуального восприятия архитектурной доминанты — церкви Св. Николая Чудотворца. Воссоздать торговую функцию в центральной части станицы в соответствии с историко-генетическим кодом Еланской.
- 1.3. При концептуальном проектировании любые объекты должны быть стилистически согласованы с историко-генетическим кодом станицы, что предполагает их художественное и конструктивное соответствие традиционным архитектурным решениям, в том числе элементам казачьих усадеб. Целесообразно разработать проект комплексного благоустройства, предусматривающий создание элементов городской мебели — включая малые архитектурные формы, скамьи, осветительные приборы, ограждения.
Также разработать проект внешнего освещения композиционной доминанты, церкви Св. Николая Чудотворца, который должен учитывать объёмно-пространственные характеристики и символическое значение объекта в структуре поселения. Кроме того, регулировать существующие озеленение таким образом, чтобы оно не противоречило восприятию композиционной доминанты от ключевых зрительных осей.
- 1.4. Важный аспект для регенерации историко-архитектурной среды — разработка образовательных программ и туристических продуктов, направленных на изучение нематериального культурного наследия казачества. Один из вариантов результата работы таких программ — цифровая экспозиция «Исчезнувшая станица Еланская» с использованием технологий дополненной реальности. Интерактивные триггеры для реализации этой технологии могут быть связаны с архитектурными объектами и исторической планировочной структурой. Также следует возрождать традицию проведения крупных праздников с локализацией в центральной части станицы, с акцентом на объекты нематериального культурного наследия (казачьи обряды, песни и ритуалы).

2. «Интерактивная» музеефикация.

- 2.1. Воссоздать исторические связи станицы (характерные для этапов формирования Еланской в конце XVIII в. – начале XIX в.) — переправы через Дон, а также речные маршруты (региональные и межрегиональные) по донским станицам. Расширить сеть учреждений и объектов туристической инфраструктуры, обеспечивающих комфортное пребывание гостей за счет развития сети новых локальных групп «хуторов» (по типу кемпингов).
- 2.2. Создать информационно-культурные центры в воссозданных куренях, предоставляющие информацию об истории, культуре и современном состоянии станицы, а также организовать арт-резиденцию для привлечения представителей креативных индустрий, включая писателей, художников, архитекторов и молодых артистов.

- 2.3.** Создать и интегрировать в историко-архитектурную среду центры казачьих ремесел, существовавших в станице во второй трети XIX в. — сельское хозяйство, кузнечное дело и другие ремесла, связанные с повседневным бытом.

3. Воссоздание и рекомпозиция среды.

- 3.1.** Рекомендуется организовать ленд-арт парк, арт- и IT-резиденции, а также научно-исследовательские площадки для этнографов и народных артистов, что послужит стимулом для культурного и интеллектуального обмена. При создании ленд-арт парка предложить событийную составляющую фестивального типа, которая проводится на ежегодной основе. Также предусмотреть туристический маршрут, ориентированный на арт-объекты и новые точки интереса.
- 3.2.** Рекомендуется развивать кинонаправление в станице Еланской — создать и развивать кинокластер, а также воссоздать историческую связь «станция-хутор», в которой в качестве хутора будут выступать объекты кинокластера («кинохутора»).
- 3.3.** Создать коворкинги и коливинги, адаптированные как для местных жителей, так и для трудовых релокантов, с возможностью временного проживания и работы.

Выводы

В результате проведенного исследования сделаны следующие выводы:

- 1.** В основе формирования перспективных направлений развития историко-архитектурной среды станицы лежит ее историко-генетический код, который был подробно изложен в разделе, связанный с хронологическим и пространственным становлением Еланской.
- 2.** В результате обзора современных направлений сохранения и развития историко-архитектурной среды были выявлены тенденции к переходу от объектного подхода к сохранению наследия в сторону комплексного средового подхода, реализующего концепцию устойчивого развития архитектурной среды. Освещенные направления (регенерация, «интерактивная» музеефикация, воссоздание и рекомпозиция среды) реализуют не только возможности сохранения архитектурного наследия, но и помогают обновить его социальные, экономические и культурные функции, а также раскрыть его туристический потенциал.
- 3.** Итогом применения метода синтеза и теоретического моделирования является обозначение перспективных направлений развития и конкретных рекомендаций по формированию, сохранению и регенерации историко-архитектурной среды станицы Еланской.
- 4.** Дальнейшая работа может быть продолжена в форме создания комплексного проекта развития станицы Еланской, созданном на основании данных перспективных направлений развития и рекомендаций по формированию, сохранению и регенерации историко-архитектурной среды станицы.

Заключение

Данная публикация является еще одним шагом на пути к сохранению и развитию историко-архитектурного наследия Донского Казачества. Культурный и туристический потенциал наследия донских станиц очень высок и не раскрыт в полной мере на сегодняшний день. Несмотря на имеющиеся признаки деградации историко-архитектурной среды и частичной утраты элементов ткани застройки, сложившаяся объемно-планировочная структура станицы Еланской сохранила черты, характерные для казачьих станиц Верхнего Дона, что подчеркивает ее значимость как объекта — транслятора пространственной культуры Донских Казаков. Обозначенные в статье перспективы сохранения и развития историко-архи-

тектурной среды станицы Еланской свидетельствует о её важном месте в структуре историко-культурного каркаса Ростовской области и туристическом потенциале, являющимся основой для дальнейшего комплексного развития данного поселения.

Библиографический список

1. Бергман А. В. Архитектурно-композиционные доминанты общественных пространств малых исторических поселений на реке Дон в Ростовской области. Инженерный вестник Дона, 2023, № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8691.
2. Бергман А. В., Штиглиц М. С., Пухаренко Ю. В., Лисовский В. Г. Анализ опыта сохранения и развития малых исторических поселений // Жилищное строительство. 2024. № 1-2. С. 45–50.
3. Бергман А. В. Историко-архитектурная среда казачьих станиц на реке Дон в Ростовской области. Санкт-Петербург, 2024. 448 с.
4. Бергман А. В. К вопросу о формировании историко-культурного каркаса малых исторических поселений на прибрежных территориях реки Дон в Ростовской области // Вестник гражданских инженеров. 2023. № 4 (99). С. 5–19.
5. Гельфонд А. Л. Концепция формирования потенциальных пространственных каркасов исторических поселений // Academia. Архитектура и строительство. 2019. №1. С. 26–34.
6. Регамэ С. К., Маркус К. Б. Историко-культурный каркас России. Подход к выявлению. Градостроительство. 2013. №1 (23). С. 48–56.
7. Лисицына А. В. Историко-архитектурная среда малых и средних городов Нижегородского Поволжья. Нижний Новгород, 2020. 52 с.
8. Лутченко С. И. Планировочный и природный каркасы региона, как основа для формирования туристско-рекреационных зон // Инженерный вестник Дона, 2021, №10 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7241.
9. Митин И. И. Ментальные карты города: история понятия и разнообразие подходов // Городские исследования и практики. 2017. №3. С. 64–79.
10. Atiyat DIALA. The role of cultural heritage in smart city context. 5th International Conference on New Trends in Architecture and Interior Design. Istanbul: ICNTAD Secretariat, 2019. Pp. 156–161.
11. Halilović Maida. Architecture without architects—sustainable design of a vernacular Bosnian stone house. 5th International Conference on New Trends in Architecture and Interior Design. Istanbul: ICNTAD Secretariat, 2019. Pp. 177–187.

HISTORICAL AND ARCHITECTURAL ENVIRONMENT OF THE VILLAGE OF YELANSKAYA IN THE ROSTOV REGION: PROSPECTS FOR PRESERVATION AND DEVELOPMENT

A. V. Bergman

Abstract

The article examines the historical and architectural environment of the cossack village of Yelanskaya both from the point of view of the formation of the volumetric-spatial structure, and from the position of analyzing its current state and identifying possible ways of preservation and development. The main part of the publication examines the chronology of the development of Yelanskaya, in which one can trace the historical and genetic code of the cossack village, containing spatial and intangible aspects that are important in the regeneration of the architectural environment. Using the concept of the "historical and cultural framework", the value characteristics of the architectural environment of the cossack village are considered. A review of three modern directions of preservation and development of the historical and architectural environment is also provided. As a result of applying the methods of synthesis and theoretical modeling, the author identified current directions and recommendations demonstrating the prospects for the preservation and development of the historical and architectural environment of the cossack village of Yelanskaya.

The Keywords

Architectural and compositional dominant, recreation and recomposition of the environment, interactive museification, historical and cultural framework, historical and architectural environment, Cossack village, regeneration of the historical environment, Yelanskaya cossack village.

Date of receipt in edition

16.05.2025

Date of acceptance for printing

19.05.2025

Ссылка для цитирования:

А. В. Бергман. Историко-архитектурная среда станицы Еланской в Ростовской области: перспективы сохранения и развития. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 159–166.



УДК 72.01

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_167-173

ЭВОЛЮЦИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ СТИЛЕЙ: ОТ КОНСТРУКТИВИЗМА К СТАЛИНСКОМУ АМПИРУ В 30 – 40-Х ГОДАХ. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ В АРХИТЕКТУРНЫХ ПОДХОДАХ

В. А. Мелнис

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация

Стереотипы о зданиях советской эпохи и архитектурных стилях представляют их зачастую совершенно противоположными, определяемыми стремлением данного исторического периода к эффективности и единству. В тоже время, не подлежит сомнению тот факт, что советская архитектура отличалась творческим поиском и визуальным воплощением быстро меняющейся личности страны. В данном контексте отдельного внимания заслуживает изучение эволюции архитектурных концепций СССР: от конструктивизма к сталинскому ампиру в 30-40-х годах. В процессе исследования обозначены предпосылки, обусловившие необходимость перехода к сталинскому ампиру после Первой мировой войны. Также выделены требования и ожидания от новых сооружений и зданий. Отдельный акцент сделан на отличительных чертах конструктивизма и сталинского ампира, приведены конкретные примеры этих двух стилей.

Ключевые слова

Архитектура, ампир, конструктивизм, СССР, идеология, стиль.

Дата поступления в редакцию
20.05.2025

Дата принятия к печати
22.05.2025

Введение

В истории архитектуры советского периода существуют события и этапы, которые долгое время не привлекали внимание исследователей, либо же представлялись в неполном и недостаточно системном виде. Это касается периода 30 – 40-х гг. прошлого столетия, который характеризуется переходом от конструктивизма к неоклассике, или, как называют этот стиль, — «сталинскому ампиру» [1].

Активизация изучения советской культуры на постсоветском пространстве привела за последние 20 лет к появлению новых основательных исследований архитектуры сталинской эпохи. Современная русскоязычная библиография по этой проблематике включает в себя социокультурные, философские, историко-архитектурные, биографические и собственно искусствоведческие исследования. В то же время, как констатируют сами ученые и эксперты, ключевые вопросы истории сталинской архитектуры остаются недо- или очень малоисследованными [2]. В свою очередь, в зарубежных работах по теории архитектуры чрезвычайно высоко оценен «советский авангард» в искусстве и архитектуре начала XX века, который признан уникальным явлением мировой культуры. Он оказался ближе и понятнее зарубежным

исследователям, чем любое другое направление, поскольку зарождался и развивался в общем русле переходного для своего времени архитектурного Модернизма.

Хотя слияние художественной и политической революции после Первой мировой войны в СССР по-прежнему прочно удерживает воображение современных исследователей и ученых, этого недостаточно, чтобы объяснить сохраняющуюся мощную притягательность архитектурных произведений, которые появились в эпоху перехода от конструктивизма к сталинскому ампиру. Формальная изобретательность и высокий эстетический уровень проектов, а также их диапазон привлекают внимание научно-экспертного сообщества и сегодня. Германия была, пожалуй, единственной страной в 1920-е годы, где было такое же количество архитекторов, приверженных модернизму. Но в отличие от их общего «саклического» подхода, большая часть русских работ демонстрирует концептуальную и структурную смелость, что без условно заслуживает отдельного внимания.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, изучение диссонанса между резкими геометрическими формами конструктивизма (1917–середина 1930-х годов) и высоко орнаментальными образцами сталинского ампира (1930–1960-е годы) позволит более точно и ясно понять стилистический прогресс советской архитектуры. Прояснить идеологическую необходимость этого перехода, который привел к созданию переходного, понятного, пропагандистского визуального языка, послужившего стимулом к новому витку развития градостроительного искусства. Кроме того, такой экскурс в историю позволит не только вспомнить, под влиянием каких идей происходила застройка большинства городов СССР в 30–40-х годах XX века, но и проследить, как мировоззренческо-политическая конъюнктура влияет на культурно-творческие предпочтения и вкусы художников. В частности в среде архитекторов и дизайнеров, что актуально в контексте общественных трансформаций, которые в настоящее время происходят в нашей стране.

Исследования сталинской архитектуры в рамках изучения феномена культуры социалистического реализма, искусствоведческие исследования и анализ роли, которую играла власть в организации архитектурного творчества и градостроительства, входят в круг научных интересов Каримовой Э. Н., Фурмана Н. В., Глебовой Е. Е., Alex Simirenko, Magdalena J. Zaborowska.

Глубинный анализ причин и последствий трансформаций архитектурного производства сталинской поры в контексте культурных изменений послевоенной эпохи в целом проводят Пономарев С. Д., Шумилкин С. М., Вальтеран Т. Л., Дудина Т. С., Андрияшин В. Д.

Описание особенностей создания отдельных знаковых для сталинской культурной топографии сооружений и топосов, таких как Московское метро или ансамбль ВСХВ, представлено работами Костовой Е. В., Хищенко Е. В., Козловой Ю. А., Горбуновой В. С., Кураковой О. А.

Отдавая должное имеющимся на сегодняшний день наработкам и публикациям, следует акцентировать внимание на ряде нерешенных проблем, которые нуждаются в дополнительном изучении. Например, недостаточное внимание уделено силе контекста, более детальное исследование, которое позволит понять каким образом, необычная архитектура проектов сталинского ампира, одновременно классическая и авангардная, раскрывает борьбу за проектирование советской архитектуры и формирование советского пространства в имперском контексте исторических городов. Также не в полной мере нашли свое отражение в научных публикациях вопросы, связанные с факторами, способствующими утверждению конструктивизма в советской архитектуре, которые требовали от архитекторов эклектизма, в частности сочетания традиций с новейшими технологиями, и иногда противоречили эстетизму и не способствовали декоративности.

Таким образом, цель статьи заключается в проведении анализа изменений в архитектурных подходах, вызванных эволюцией стилей от конструктивизма к сталинскому ампиру в 30–40-х годах.

Вскоре после революции, и особенно после прихода к власти Иосифа Сталина в конце 1920-х годов,

архитектура все чаще привлекалась для укрепления советской риторики и коллективной идентичности по всей стране. Сам Сталин утверждал, что революционный дух — это «противоядие против инерции, рутины, консерватизма, застоя мысли, рабского подчинения древним традициям» [3].

Монументальность, индустриальные мотивы, смешение классицизма и модернизма лежали в основе широкого спектра советских архитектурных проектов, которые отражали творческий потенциал архитекторов, но также и централизованный посыл государства. Страна, победившая нацизм, обратилась к классическим образцам и начала мифологизировать как прошлое, так и настоящее, что находило свое проявление, прежде всего, в архитектуре. Новый стиль был призван продемонстрировать величие и мощь государства.

В советское время этот стиль артикулировался просто как «советская архитектура». Только позже его стали называть «сталинской архитектурой», но термин «сталинская ампир» долгое время неофициально использовался среди специалистов. Одним из первых ученых, кто ввел этот термин в оборот, был искусствовед Селим Хан-Магомедов [4].

Итак, постреволюционная Россия стояла перед грандиозной задачей модернизации нации. Все аспекты жизни претерпели быстрые преобразования, в ходе которых были практически ликвидированы исторически сложившиеся буржуазные модели и заменены новой, инновационной программой, независимой от прежних влияний. В области архитектуры это потребовало новой формы, отвергающей индивидуальные стилистические предпочтения в создании идеального социального и политического порядка. Приняв в качестве основополагающих принципов акцент на «материал, объем и конструкцию» и отказ от так называемых «чувственных впечатлений» и личных эстетических предпочтений в союзе «чисто художественных форм с утилитарными намерениями», конструктивистское движение было поддержано первым поколением советских архитекторов. Такие выдающиеся личности, как Владимир Татлин, Моисей Гинзбург и братья Наум и Антон Певцеры, рассматривали этот стиль как идеальное средство для содействия необходимой урбанизации и развития «современного классицизма» [5]. Развитый в диалоге с французским модернизмом Ле Корбюзье и ориентированный на простоту геометрических форм, взаимодействие материалов и функциональную эффективность превыше всего, этот стиль считался его сторонниками уникально подходящим для задачи быстрой урбанизации и удовлетворения насущных потребностей советского общества. Наглядным примером воплощения такой идеологии является Московский жилой дом Наркомфина (1928–1930 гг. постройки) (см. рис. 1).

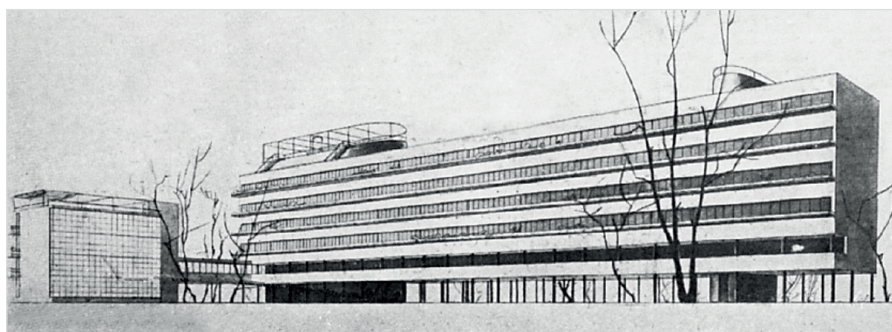


Рис. 1. Московский жилой дом Наркомфина

В первую очередь конструктивисты считали, что новые формы могут быть достигнуты за счет правильного использования новых материалов и новых способов строительства, стирающих все прежние традиции, — в логике, которая должна была соответствовать коммунистическому переустройству обще-

ства [6]. С точки зрения архитектуры, широкое использование бетона и стекла рассматривалось как правильный ответ на задачу создания новых социалистических условий в России.

Города делились на функциональные зоны, проектировались широкие улицы для современного транспорта, возводились простые типовые многоквартирные дома на открытых зеленых пространствах, рядом с жильем располагались здания бытового обслуживания. Все эти принципы градостроительных проектов новых жилых районов и «социалистических городов» нашли свое отражение во многих промышленных центрах по всему СССР: Магнитогорск и Свердловск на Урале, новые города в Донбассе, Чарджоу в Туркмении, Новый Харьков на востоке (*рис. 2*), Запорожье на юге Украины и т. д.



Рис. 2. Проект жилого комплекса для соцгорода «Новый Харьков»

В тоже время, следует отметить, что хотя не все высокопоставленные члены коммунистической партии симпатизировали конструктивистскому стилю, тем не менее, он был использован в качестве временной меры, способствующей модернизации страны. К концу 1920-х годов, после создания значительной инфраструктуры, внимание правящей элиты сосредоточилось на выполнении задачи показать мощь и силу Советского Союза посредством быстрой индустриализации. Главной целью было транслировать зарубежным странам рост и процветание Советской России [7]. Для достижения этой цели необходимо было построить новые здания, которые представляли бы этот образ. Таким образом, пришедший на смену конструктивизму сталинский ампир, стал важным элементом в возвышении Советского Союза как ведущей мировой сверхдержавы. Это достигалось путем реконструкции многих существующих зданий и строительства новых в совершенно ином стиле, специально выбранном за его пропагандистские возможности, стиле, прочно основанном на русском классицизме, предпочтительном архитектурном стиле имперской буржуазии.

Сталинский ампир вобрал в себя элементы многих архитектурных концепций и парадигм. В нем присутствовали черты ренессанса и классицизма с его бесконечными колоннами, портиками, скульптурами и идеальной симметрией, а также вихри и излишества рококо и барокко. Кроме того, в архитектурном дизайне присутствуют многочисленные бронзовые детали французского стиля ампир [8]. Очевидно также влияние американских небоскребов в стиле ар-деко. Неотъемлемым элементом декора стал советский государственный герб и пятиконечная звезда.

Советское правительство настойчиво помогало национальной архитектуре обрести «местный колорит», предписывая создавать в союзных республиках искусство, «национальное по форме и социалистическое по содержанию». Очевидно, что в каждом конкретном случае на местах эта цель достигалась по-разному.

Например, бакинские архитекторы привнесли в городской сталинский неоклассицизм самобытную теплоту итальянского колорита. Национально-романтическое направление бакинского неокласси-

цизма наполнено радостью и светом, любовью и уютом. На **рис. 3** представлен общий вид проспекта Нефтяников в г. Баку.



Рис. 3. Проект жилого комплекса для соцгорода «Новый Харьков»

Отличительными чертами стиля стали комплексный подход к ансамблевой застройке улиц и площадей, синтез архитектуры, скульптуры и живописи, использование архитектурных ордоров, барельефов с геральдическими композициями и изображениями рабочих. Темы триумфа и регалий власти, торжественность, театральность, оптимистический настрой всего произведения, использование мрамора, бронзы, ценных пород дерева и лепнины в оформлении общественных интерьеров [9].

Конечно, нельзя не отметить, что сталинскую архитектуру хорошо демонстрирует фирменный дизайн «Семи сестер», состоящий из мощного основания и похожей на корону конструкции на вершине здания (**см. рис. 4**). При проектировании этих сооружений использовались классические ссылки: колонны, арки и молдинги. Седьмая «сестра» была завершена в 1957 году, через четыре года после смерти Сталина, ознаменовав конец архитектурного стиля барокко и готики, продвигаемого государством под его контролем [10]. На **рис. 4** изображены примеры сталинских высоток.

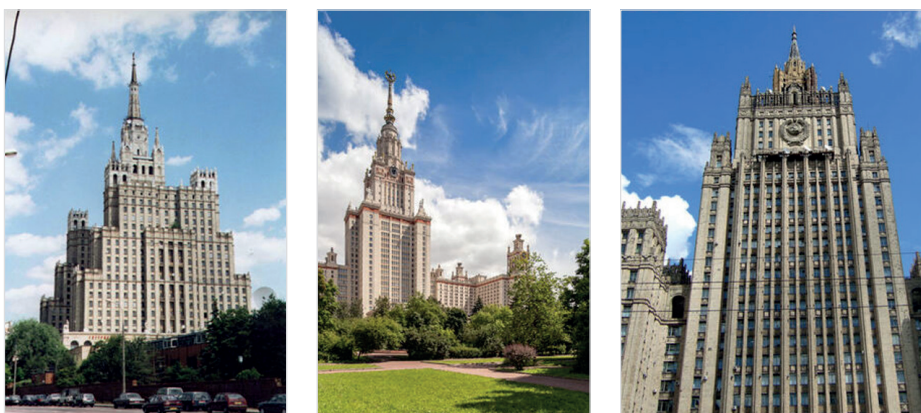


Рис. 4. Пример сталинских высоток

В тоже время следует отметить, что фактически официальный запрет конструктивизма имел катастрофические последствия для многих авангардных зданий и градостроительных комплексов. Впоследствии они были искажены перестройками, в ряде случаев просто не реализованы, либо же стали примером стилистических трений.

Олицетворением этих трений является здание НИИ макромолекулярных соединений (*рис. 5*), выполненное в 1956–1957 годах по проекту Трубникова. В той мере, в какой здание гармонирует со своими соседями, построенными в основном в XIX веке, в использовании классического орнамента, оно находится в конфликте со своими непосредственными предшественниками — рядом расположенными конструктивистскими фасадами, которые воплощают совершенно иную, модернизационную траекторию ранней советской архитектуры.



Рис. 5. Научно-исследовательский институт макромолекулярных соединений, Санкт-Петербург

Выводы

Таким образом, подводя итоги, отметим, что процесс перехода от конструктивизма к сталинскому ампиру в СССР в 30–40-х годах прошлого столетия не был простым. Большое количество факторов и субъективных мнений до сих пор индуцирует дискуссии относительно роли и последствий соответствующего события как среди широких слоев населения, так и среди профессионалов в архитектурной сфере. Однако, бесспорным, по мнению автора, является незаурядное значение данной трансформации для генезиса архитектурно-художественного поля СССР, что до сих пор имеет определяющее влияние на архитектурный ландшафт отечественных городов.

Библиографический список

1. Слепухин В. В. Советская архитектура 1930–1950-х годов // Дом Бурганова. Пространство культуры. 2022. № 1. С. 37–52.
2. Павлов А. А. Композиционные особенности и формотворческая база архитектуры ленинградского конструктивизма // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2023. № 11. С. 73–81.
3. Evgeny, Rybnov et al., eds. Contemporary Problems of Architecture and Construction: Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, November 25–26, 2020, Saint Petersburg, Russia. 1st ed. Boca Raton: CRC Press, 2021.
4. Сапожникова В. А. Конструктивизм в советской архитектуре // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2024. № 4. С. 269–274.
5. Валкин Б. Л. Калуга как зеркало русской архитектуры эпохи ампира // Архитектура и строительство России. 2022. № 2 (242). С. 104–107.

6. *Erja Kettunen, Päivi Oinas*. Circuits of architecture and urban planning: Professional ethos and the internationalization of small architectural offices // *Global Networks*. 2021. Volume 22, Issue 1. P. 76–84.
7. *Spatial Revolution: Architecture and Planning in the Early Soviet Union* by Christina E. Crawford. Ithaca: Cornell University Press, 2022. 424 p.
8. *Романова О. Н.* Конструктивизм по-советски: новые смыслы и ценности 1920-х годов // *Исторический бюллетень*. 2022. Т. 5. № 1. С. 36–38.
9. *Крылова К. К.* Конструктивизм как архитектурный стиль // Научно-исследовательский центр «Вектор развития». 2022. № 9. С. 380–384.
10. *Добролюбов П. В.* Советские скульпторы и сталинский ампи́р. высотка на Котельнической набережной // *Дом Бурганова. Пространство культуры*. 2022. Т. 18. № 3. С. 71–86.

EVOLUTION OF ARCHITECTURAL STYLES: FROM CONSTRUCTIVISM TO STALIN'S EMPIRE STYLE IN THE 30S – 40S. ANALYSIS OF CHANGES IN ARCHITECTURAL APPROACHES

V. A. Melnis

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

Abstract

Stereotypes about Soviet-era buildings and architectural styles often portray them as quite opposite, defined by that historical era's desire for efficiency and unity. At the same time, there is no question that Soviet architecture was characterised by creative exploration and visual embodiment of the country's rapidly changing personality. Architectural styles, approaches and models evolved with the culture of the nation, and the great demand for infrastructure allowed Soviet urban planners to aesthetically capture the national character at a particular moment in time. In this context, the study of the evolution of architectural concepts in the USSR: from constructivism to Stalinist Empire in the 30s and 40s deserves special attention. In the course of the study, the prerequisites that necessitated the transition to Stalin Empire after the First World War are outlined. The requirements and expectations of the new structures and buildings are also highlighted. A special emphasis is made on the distinctive features of Constructivism and Stalin Empire, specific examples of these two styles are given.

The Keywords

Architecture, empire, constructivism, USSR, ideology, style.

Date of receipt in edition

20.05.2025

Date of acceptance for printing

22.05.2025

Ссылка для цитирования:

В. А. Мелнис. Эволюция архитектурных стилей: от конструктивизма к сталинскому ампи́ру в 30–40-х годах. Анализ изменений в архитектурных подходах. — *Системные технологии*. — 2025. — № 1 (54). — С. 167–173.



СПЕЦИФИКА ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПЕНИТЕНЦИАРНОЙ СИСТЕМЫ. ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ

А. В. Васильева

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация

В исследуемом историческом периоде архитектурная практика всё чаще обращается к концепции перепрофилирования специализированных зданий, что позволяет им обретать новое назначение и функциональность. Этот процесс зачастую включает сохранение ключевых конструктивных элементов, при этом изменяется само назначение объекта. Такой подход не только способствует сохранению исторического наследия, но и позволяет эффективно использовать здания в современных условиях. Однако, несмотря на очевидные преимущества, перепрофилирование также ставит перед архитекторами задачи адаптации зданий к новым условиям эксплуатации.

В данной статье рассматривается европейский опыт преобразования объектов пенитенциарной системы, когда старые тюрьмы находят новое применение, превращаясь в музеи, гостиницы, культурные центры и даже жилые комплексы. Примеры таких проектов демонстрируют разнообразные планировочные решения, помогающие преодолеть вызовы, связанные с адаптацией зданий.

Ключевые слова

Европейская пенитенциарная система, архитектурные особенности пенитенциарных учреждений, адаптивное использование зданий, перепрофилирование архитектурных объектов, реновация исторических зданий, примеры перепрофилирования тюрем, историческое наследие и архитектура, культурные центры на базе тюрем, устойчивое развитие в архитектуре.

Дата поступления в редакцию

20.05.2025

Дата принятия к печати

22.05.2025

Исследователи отмечают заметный рост интереса к использованию потенциала заброшенных и забытых зданий, оставшихся от прошлых эпох. На протяжении длительного времени архитектурная практика фокусировалась на проектировании новых объектов, однако современное общество начинает осознавать важность перепрофилирования уже существующих строений и придавать им новое функциональное назначение. Эта тенденция находит отражение как в работах студентов архитектурных факультетов, так и в проектах опытных специалистов в данной области.

Особое внимание заслуживает вопрос о преобразовании объектов пенитенциарной системы, преобразуемых с позиции системного подхода. При этом учитываются современные запросы общества и сохраняется историческое наследие и уникальные архитектурные особенности зданий. В данной статье мы обращаемся к возможности адаптации восприятия формата «черного наследия», «трудного наследия»

и других, которые вызывают негативные ассоциации и чувства, к современным культурным настроениям общества. При этом наблюдается тенденция не отвергать эти места, а искать подходящие формы их сохранения путём преобразования под актуальные запросы хозяйствования с ориентацией на перспективу развития.

Цель этой статьи заключается в поиске форм и методов такого преобразования архитектурных форм, связанных в прошлом с тяжёлым наследием, которые удовлетворяли бы современным представлениям об общественных пространствах современности. В процессе выполненного системного исследования применялись сравнительный метод и логическая аргументация с ориентацией на глубокое понимание культурного потенциала перепрофилируемых объектов и их новой роли в современном городском контексте.

Рассмотрим несколько успешных кейсов перепрофилирования объектов пенитенциарной системы, реализованных в Европе.

Тюрьма в Таррагоне: Социальный центр El Roser, Испания (рис. 1)



Рис. 1. Тюрьма в Таррагоне, социальный центр

В сердце Таррагоны, Испания, на месте бывшей тюрьмы, была реализована уникальная инициатива по преобразованию заброшенного здания в современный социальный центр для бездомных — El Roser. (рис.1) Этот проект стал знаковым не только для города, но и для всей страны, представляя собой пример инновационного подхода к рефункционализации исторических объектов. Разработка концепции и реализация проекта были осуществлены архитектурной студией Josep Ferrando Architecture, которая сумела сохранить историческую ценность здания, построенного в 1929 году, и адаптировать его под современные нужды общества. Таким образом, El Roser стал не только физическим пространством, но и символом социальной ответственности и поддержки для наиболее уязвимых слоев населения.

Одной из ключевых задач, стоявших перед архитекторами, было создание функционального пространства, которое отвечало бы требованиям бездомных, обеспечивая им комфорт и поддержку. В этом контексте проект El Roser включает несколько важных архитектурных и планировочных решений, которые подчеркивают гуманистический подход к дизайну при перепрофилировании городских архитектурных объектов.

Одним из самых впечатляющих элементов центра является преобразование бывшего тюремного двора в общественное пространство. Это место стало открытым и доступным для всех, что символизиру-

ет новую жизнь и возможность для общения. Ярко-красные стальные арки, заменившие старую стену, не только визуально обновляют пространство, но и создают атмосферу дружелюбия и тепла. Этот элемент дизайна служит не только эстетическим, но и функциональным целям, объединяя людей и способствуя культурному взаимодействию. Открытые площадки стали местом для проведения различных мероприятий и встреч, что способствует формированию сообществ и укреплению социальных связей.

Столовая центра, обладающая стеклянными стенами-перегородками, обеспечивает естественное освещение и визуальную связь с окружающим пространством. Это решение создает ощущение открытости и прозрачности, что важно для создания комфортной среды. В то же время, комнаты, предназначенные для предоставления приватности, позволяют бездомным чувствовать себя защищенными и уютными. Это сочетание открытости и уединения является ключевым для создания условий благополучия пользователям центра. Столовая не только служит местом для приема пищи, но и становится пространством для общения, обмена опытом и поддержки.

Внутренние пространства El Roser наполнены естественным светом благодаря полупрозрачным стенам и длинным рядам окон. Это создает атмосферу, способствующую расслаблению и восстановлению. Архитекторы отказались от запертых помещений, заменив их открытыми залами, что делает пространство более воздушным и приветливым. Такой подход не только улучшает качество жизни пользователей, но и способствует их социальной интеграции. Интерьеры оформлены с использованием теплых и естественных материалов, что создает уютную обстановку и помогает людям чувствовать себя комфортно.

Социальный центр El Roser стал первым в Испании проектом, где все социальные услуги были объединены в одном пространстве. Это позволяет бездомным получать комплексную помощь, включая медицинские услуги, психологическую поддержку и возможности для реинтеграции в общество. Архитектурное решение центра отражает эту концепцию, создавая удобные и доступные зоны для различных видов обслуживания. Программы, предлагаемые в центре, направлены на восстановление достоинства и независимости пользователей, что делает проект особенно важным в контексте социальной политики.

Преобразование тюрьмы в социальный центр El Roser не только решает актуальные социальные проблемы, но и демонстрирует, как можно эффективно использовать исторические здания для создания новых возможностей. Этот проект стал символом надежды и перемен, показывая, что даже самые непривлекательные пространства могут стать местом для жизни, общения и поддержки. El Roser вдохновляет другие города на подобные социально значимые преобразования, подчеркивая важность создания инклюзивных пространств для всех членов общества.

Тюрьма города Харлем, Нидерланды (рис. 2)

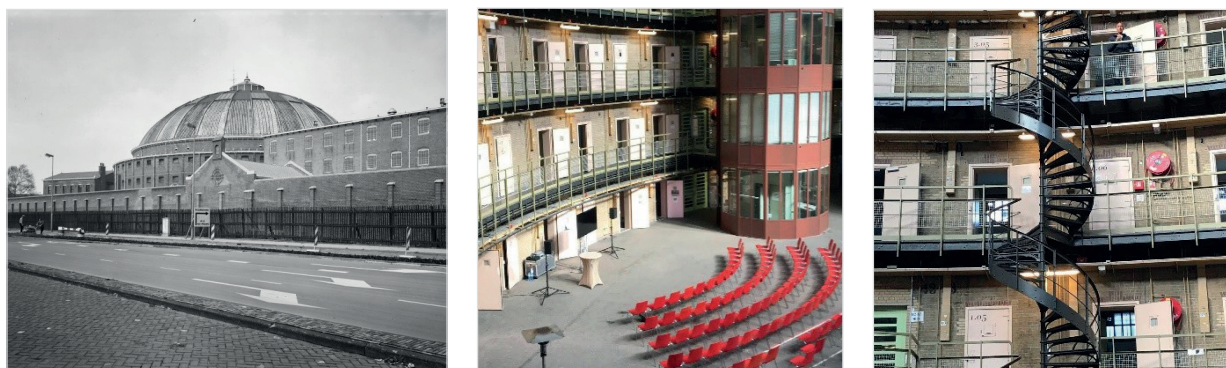


Рис. 2. Тюрьма в Таррагоне, социальный центр

За последние десять лет количество заключенных в Нидерландах значительно сократилось, согласно данным общественной инициативы Prison Insider. Это уменьшение числа заключенных привело к тому, что многие здания, которые ранее использовались как тюрьмы, теперь стали пустовать. В результате, в этих опустевших пространствах начали открываться колледжи, отели, стартап-инкубаторы и выставочные галереи, что свидетельствует о новой жизни для этих исторических объектов.

Одним из примеров такого преобразования является «Тюрьма под куполом», или Koepelgevangenis — это бывшая тюрьма, расположенная в Харлеме, Нидерланды. Она является одной из трех тюрем в стране, построенных в стиле паноптикума, который был разработан для обеспечения максимального контроля за заключенными. Проект этой тюрьмы был завершен в 1901 году архитектором Виллемом Метцелааром. Тюрьма была закрыта в 2016 году и теперь имеет статус памятника архитектуры.

В Нидерландах существовали три круглые тюрьмы и все они со временем были признаны памятниками архитектуры. Их уникальная форма, представляющая собой паноптикум, позволяет охранникам постоянно наблюдать за заключенными из центра здания, что обеспечивает высокий уровень контроля и безопасности.

Будущее этого монументального здания было передано в руки некоммерческой организации Open de Koepel, что в переводе означает «Откройте купол». Внутри этих исторических стен был создан центр академического образования, куда переехала часть Университетского колледжа искусства, культуры и современного предпринимательства. Этот центр стал доступен для всех жителей, что подчеркивает его открытость и интеграцию в общество. При этом основные архитектурные особенности здания были сохранены, а современный офисный дизайн органично вписался в формат исторического здания, создавая гармоничное сочетание старого и нового.

Комментарии по планировочному решению и архитектуре

Планировочное решение, реализованное в Koepelgevangenis, демонстрирует успешное сочетание исторической архитектуры и современных требований к функциональности. Использование паноптической структуры для нового образовательного центра позволяет сохранять дух оригинального здания, одновременно адаптируя его под современные нужды.

Архитектурный стиль, в котором выполнено здание, представляет собой неоготическую архитектуру с элементами паноптикума. Это создает не только визуально привлекательный, но и функционально эффективный интерьер, который обеспечивает комфортное пространство для учебы и работы. Круглая форма здания способствует естественному освещению и циркуляции воздуха, что делает его более приятным для пользователей.

Сохранение исторических элементов при проведении реконструкции также является важным аспектом. Это не только помогает сохранить культурное наследие, но и создает уникальную атмосферу, в которой современное образование и культура могут развиваться в контексте исторического пространства. Таким образом, проект Open de Koepel стал успешным примером того, как можно использовать старые здания для новых целей, при этом уважая их историческую ценность и архитектурные особенности.

Тюрьма в Роттердаме (The Rotterdam Prison)

В Роттердаме старая тюрьма, известная как The Rotterdam Prison, была преобразована в современное офисное здание, что стало ярким примером успешной адаптации исторической архитектуры к нуждам современного бизнеса. Этот проект продемонстрировал, как можно сохранить уникальность и характер старых зданий, при этом обеспечивая их функциональность для новых пользователей.

The Rotterdam Prison была построена в начале 20 века и служила местом лишения свободы до своего закрытия. Здание, выполненное в характерном для своего времени архитектурном стиле, стало не только важным элементом городской инфраструктуры, но и символом правопорядка в регионе. Однако с течением времени потребности общества изменились, и необходимость в таком большом количестве тюремных учреждений отпала.

При преобразовании тюрьмы в офисное здание архитекторы столкнулись с задачей сохранить историческую ценность и внешний вид здания. Был разработан проект, в котором учтены как оригинальные архитектурные элементы, так и современные требования к офисным пространствам. Внутренние помещения были адаптированы для создания открытых офисов, коворкингов и зон для встреч, способствующих коллаборации и инновациям.

Сохранив оригинальные стены и фасады, архитекторы использовали современные материалы и технологии для улучшения функциональности в новых применениях. Например, были установлены большие окна, которые обеспечивают естественное освещение и создают комфортную атмосферу для работы. Также были добавлены современные системы отопления и вентиляции, что повысило энергоэффективность сооружения.

Преобразование The Rotterdam Prison в офисное здание стало не только архитектурным достижением, но и важным шагом к интеграции исторического наследия в современную жизнь города. Это решение вдохновило другие города на подобные проекты, подчеркивая важность сохранения культурного наследия и его адаптации к современным требованиям.

Кроме того, новое офисное пространство стало местом для стартапов и инновационных компаний, что способствует экономическому развитию региона и созданию новых рабочих мест. Это также привлекает внимание к Роттердаму как к центру бизнеса и креативности, что важно для его дальнейшего роста и развития.

Таким образом, проект преобразования The Rotterdam Prison в офисное здание стал успешным примером того, как можно эффективно использовать старые здания, сохраняя их историческую ценность. Это не только помогает сохранить культурное наследие, но и создает новые возможности для бизнеса и общества в целом. Пример Роттердама вдохновляет на дальнейшие преобразования в других городах, показывая, что история и современность могут сосуществовать и дополнять друг друга.

Редингская тюрьма, Англия (рис. 3)



Рис. 3. Бывшая тюрьма в Рединге, которая открылась для публики в 2016 году

Редингская тюрьма, расположенная в графстве Беркшир, Англия, стала известной не только благодаря своей архитектуре и истории, но и благодаря знаменитому заключенному — Оскару Уайльду.

С 20 ноября 1895 года по 18 мая 1897 года Уайльд отбывал здесь свой срок, что впоследствии вдохновило его на создание «Баллады Редингской тюрьмы». Это произведение стало не только литературным наследием, но и символом борьбы за свободу и личные права.

Редингская тюрьма была построена в 1844 году на месте средневекового Редингского аббатства, основанного Генрихом I Боклерком в 1136 году. Архитектурный стиль тюрьмы отражает характерные черты викторианской эпохи: массивные каменные стены, высокие окна с решетками и прочные двери, которые создают ощущение неприступности. Здание выполнено из местного красного кирпича и камня, что придает ему уникальный вид, гармонирующий с окружающим ландшафтом.

Планировочное решение тюрьмы было разработано с учетом принципов реабилитации и контроля. Основная часть здания организована вокруг центрального двора, который служил местом для прогулок заключенных. Это решение позволило максимально использовать естественное освещение и создать открытое пространство в контексте замкнутой атмосферы тюрьмы. К тому же, такая планировка способствовала лучшему наблюдению за заключенными, что было важным аспектом для обеспечения безопасности.

Оскар Уайльд, проведя в Редингской тюрьме почти два года, стал символом страдания и несправедливости. Его заключение было связано с его сексуальной ориентацией и общественными взглядами, что сделало его жертвой предвзятости и жестоких законов того времени. В 2021 году, когда здание было выставлено на продажу, известный уличный художник Бэнкси создал граффити, изображающее Уайльда, спускающегося по веревке из простыней, превращающихся в страницы манускрипта. Это произведение искусства стало мощным комментарием к теме свободы и творчества, подчеркивая, что даже в самых мрачных местах может возникнуть свет.

Официальное закрытие тюрьмы произошло в январе 2014 года, и с тех пор здание оставалось бездействующим. Однако в январе 2024 года оно было продано благотворительной организации Zian Education Foundation за £7 миллионов. Новый владелец, китайский бизнесмен Чаннинг Би, объявил о своих планах превратить историческую тюрьму в отель, музей и художественную галерею. Инвестиции в проект составили около £100 миллионов.

Преобразование Редингской тюрьмы в культурное пространство представляет собой интересный пример рефункционализации исторического здания. Этот проект не только сохранит архитектурное наследие, но и создаст новые возможности для общественного взаимодействия и культурного обмена. Музей, посвященный истории тюрьмы и жизни Уайльда, может стать важной частью туристической привлекательности региона, привлекая посетителей, интересующихся литературой и историей.

Редингская тюрьма — это не просто здание, а символ исторических изменений и культурного наследия. Преобразование этого места в современное культурное пространство может стать важным шагом к восстановлению его значения в общественном сознании. Сохранение архитектурных особенностей сооружения при создании и интеграции новых функций создадут уникальное пространство, которое будет служить как напоминанием о прошлом, так и платформой развития для будущего. Редингская тюрьма, таким образом, может занять важное место в культурной жизни региона, вдохновляя новые поколения на творчество и осмысление культурных аспектов истории.

Тюрьма Вридслеселил, Дания

Тюрьма Вридслеселил, расположенная в Альбертслунне, Дания, была открыта в 1859 году и на протяжении своей долгой истории проявилась в статусе символа изменений в подходах к уголовному правосудию и исправлению. Это учреждение не только отражает архитектурные стили своего времени, но и демонстрирует эволюцию взглядов на реабилитацию заключенных.

Вридслеселиль была построена в период, когда в Европе происходили значительные изменения в системах уголовного правосудия. В 19 веке начало формироваться понимание необходимости гуманного обращения с заключенными и их реабилитации. Тюрьма была задумана как место, где заключенные могли бы не только отбывать наказание, но и получать образование, что стало важным шагом в направлении реформирования исправительных учреждений.

На протяжении своей истории Вридслеселиль прошла через несколько этапов модернизации, адаптируясь к новым требованиям общества и законодательным изменениям. С каждым десятилетием акцент на реабилитацию и обучение только усиливался, что сделало тюрьму примером для других исправительных учреждений.

Архитектура тюрьмы Вридслеселиль сочетает в себе элементы неоклассицизма и функциональности. Здания выполнены из кирпича, что придает им прочность и долговечность. Основные архитектурные решения направлены на создание комфортной и безопасной среды для заключенных.

Одной из ключевых особенностей является использование больших окон, которые обеспечивают обилие естественного света. Это создает ощущение открытости и уменьшает чувство замкнутости, характерное для традиционных тюрем. Кроме того, планировка тюрьмы ориентирована на создание общих пространств, где заключенные могут взаимодействовать друг с другом, что способствует формированию более здоровой социальной атмосферы.

Планировка Вридслеселиль основывается на принципах открытости и взаимодействия. Вместо замкнутых камер, как это часто встречается в традиционных тюрьмах, здесь предусмотрены общие зоны, где заключенные могут проводить время вместе, заниматься спортом и участвовать в образовательных программах. Это способствует снижению уровня агрессии и формированию более позитивной социальной среды.

Кроме того, в тюрьме есть учебные классы и мастерские, где заключенные могут развивать профессиональные навыки. Это не только помогает им в процессе реабилитации, но и снижает уровень рецидивизма, позволяя им лучше адаптироваться к жизни вне стен тюрьмы.



Рис. 4. Проект элитного жилого эко-района на месте тюрьмы Вридслеселиль от датских архитектурных бюро BOGL и Schmidt Hammer Lassen Architects

С недавними инициативами по преобразованию тюрьмы Вридслеселиль, датские архитектурные бюро BOGL и Schmidt Hammer Lassen Architects представили амбициозный проект по созданию элитного жилого эко-района на месте бывшей тюрьмы. (рис.4) Этот проект не только символизирует переход от исправительного учреждения к жилому пространству, но и отражает современные тенденции в архитектуре и градостроительстве, ориентированные на устойчивое развитие и гармоничное сосуществование с природой.

Проект эко-района направлен на создание комфортного и экологически чистого жилого пространства, которое будет включать в себя как жилые, так и общественные зоны. Архитекторы стремятся инте-

грировать элементы природы в городскую среду, создавая зеленые пространства, парки и общественные сады, что способствует улучшению качества жизни жителей.

Проект включает в себя multifunctional жилые комплексы с разнообразными планировками, которые будут адаптированы под потребности разных групп населения. Это создаст разнообразие и сделает район более привлекательным для жителей.

Также планируется интеграция образовательных и культурных программ, направленных на повышение осведомленности в теме экологии и устойчивого образа жизни. Жители будут иметь возможность участвовать в мастер-классах, лекциях и других мероприятиях, которые помогут им лучше понять важность сохранения окружающей среды.

Проект элитного жилого эко-района на месте тюрьмы Вридслеселиль — это шаг в будущее, который сочетает в себе современные архитектурные решения и принципы устойчивого развития. Он не только преобразует пространство, ранее ассоциировавшееся с лишением свободы, в комфортное и привлекательное место для жизни, но и подчеркивает важность экологии и социальной ответственности в современном градостроительстве. Этот проект станет примером того, как можно эффективно использовать пространство и создавать условия для гармоничного сосуществования человека и природы.

Заключение

В ходе краткого исследования европейского опыта преобразования архитектурных объектов прошлого, специализированных под нужды пенитенциарной системы, в объекты современного градостроительства новой функциональности с адаптацией их под задачи культурно-экологического профиля были констатированы продуктивность и экологичность современного архитектурного творчества, а также перспективность их как в аспекте собственного развития, так и в части удовлетворения социально-культурной направленности современного градостроительства.

Выводы

В статье мы рассмотрели практику перепрофилирования объектов пенитенциарной системы в Европе, акцентировали на важности сохранения исторического наследия и адаптации зданий к современным требованиям и функциям.

Перепрофилирование позволяет сохранить важные архитектурные элементы зданий, что способствует сохранению историко-культурного наследия.

Примеры успешных проектов, таких как социальный центр El Roser в Испании и образовательный центр Koerelgevangenis в Нидерландах, демонстрируют, как старые тюрьмы могут стать центрами социальной поддержки и образования, способствуя интеграции уязвимых групп населения.

Преобразование тюрем в культурные центры, музеи и гостиницы способствует созданию новых общественных пространств, которые могут стать важными элементами культурной жизни региона.

Проекты, такие как преобразование тюрьмы Вридслеселиль в Дании в жилой эко-район, подчеркивают важность устойчивого градостроительства и гармоничного сосуществования с природой.

Библиографический список

1. Андреев, И. (2020). Перепрофилирование зданий: опыт и практика. Архитектурный журнал, 12(3), 45 – 56.

2. Белов, С. (2019). Архитектурное наследие и современные подходы к его сохранению. Издательство «Архитектура и строительство».
3. Сидорова, Т. (2021). Социальные аспекты перепрофилирования тюрем в Европе. Социология и общество, 10(2), 78–89.
4. Кузнецова, А. (2022). Устойчивое развитие в архитектуре: примеры из практики. Архитектурное обозрение, 15(4), 23–34.
5. Давыдов, П. (2023). Трансформация пространства: от тюрьмы к культурному центру. Градостроительство и экология, 14(1), 56–67.
6. Ashworth, A. (2016). *Heritage and the City: A New Approach to Urban Heritage*. Routledge.
7. Catanese, A. (2015). The Role of Historical Buildings in Urban Regeneration. *Urban Studies*, 52(1), 25–48.
8. De Jong, T. (2018). The Future of Abandoned Prisons: A Comparative Study. *International Journal of Urban and Regional Research*, 42(4), 674–692.
9. Horne, R. E. (2018). Sustainable Urban Regeneration: The Role of Adaptive Reuse. *Sustainable Cities and Society*, 39, 123–132.
10. Jansen, S. (2017). Cultural Heritage in Urban Development: Lessons from Europe. *European Planning Studies*, 25(6), 1035–1050.
11. Larkham, P. J. (2016). Heritage and Urban Regeneration: A Comparative Perspective. *Journal of Urban History*, 42(4), 657–674.
12. Németh, J. (2016). Adaptive Reuse: A Strategy for Sustainable Urban Development. *Sustainable Development*, 24(3), 155–162.
13. Ritchie, D. (2019). Prisons as Cultural Spaces: The Role of Historical Institutions in Urban Contexts. *Urban Studies*, 56(10), 2053–2070.
14. Smith, L. (2006). *Uses of Heritage*. Routledge.
15. История Кепельгевангениса / <https://www.explorebreda.com/en/blogs/history-koepelgevangenis>
16. Interior+design/Социальный центр на месте бывшей тюрьмы в Таррагоне/ <https://www.interior.ru/architecture/16998-sotsialinii-tsentr-na-meste-bivshei-tyurimi-v-tarragone.html>

THE SPECIFICS OF THE CONVERSION OF PENITENTIARY FACILITIES. THE EUROPEAN EXPERIENCE

A. V. Vasileva

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg

Abstract

In recent years, architectural practice has increasingly turned to the concept of repurposing specialized buildings, which allows them to acquire a new purpose and functionality. This process often involves preserving key structural elements, while changing the purpose of the object itself. This approach not only helps to preserve the historical heritage, but also allows for the effective use of buildings in modern conditions. However, despite the obvious advantages, repurposing also poses challenges for architects in adapting buildings to new operating conditions. This article examines the European experience of transforming penitentiary system facilities, where old prisons find new uses, turning into museums, hotels, cultural centers, and even residential complexes. Examples of such projects demonstrate a variety of planning solutions that help overcome the challenges associated with the adaptation of buildings.

The Keywords

European penitentiary system, architectural features of penitentiary institutions, adaptive use of buildings, repurposing of architectural objects, renovation of historical buildings, examples of repurposing of prisons, historical heritage and architecture, cultural centers based on prisons, sustainable development in architecture.

Date of receipt in edition

20.05.2025

Date of acceptance for printing

22.05.2025

Ссылка для цитирования:

А. В. Васильева. Специфика перепрофилирования объектов пенитенциарной системы. Европейский опыт. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 174–183.



УДК 72.06

doi: 10.48612/dnitii/2025_54_184-193

СОЦИАЛЬНАЯ ИНКЛЮЗИЯ В УМНЫХ ГОРОДАХ: СОЗДАНИЕ РАВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ ВСЕХ ЖИТЕЛЕЙ

В. А. Мелнис

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация

В статье рассматривается проблема социальной инклюзии в умных городах, создание равных возможностей для всех жителей и адаптация среды для всех групп населения на основе «умных городов». Перспективы развития «умного города», внедрение его составляющих в уже существующие города является перспективным направлением их пространственной организации, где реализация идей обеспечения доступности, социальной инклюзии являются современными реалиями. В качестве цели исследования рассматривается изучение и анализ возможности внедрения инклюзии в уже сформировавшихся городах, использование существующих архитектурных объектов, которые рассчитаны на работу с разными слоями населения.

Ключевые слова

Инклюзия, умный город, социальная инклюзия, доступность, цифровизация.

Дата поступления в редакцию

20.05.2025

Дата принятия к печати

22.05.2025

Введение

Современные тенденции развития архитектуры и градостроительства — это появление умных городов, которые становятся неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. «Smart cities» адаптируют городскую среду по меркам современных стандартов, тем самым обеспечивая новые возможности для развития и даже внедрения инклюзивности, для того чтобы каждый житель, независимо от его социального статуса, возраста или физических возможностей, имел равный доступ к ресурсам и услугам, которые предоставляются умными городскими системами. Идея внедрения не только технологии умного города, но и адаптации современных тенденций для разных групп населения становятся не только вопросом социальной справедливости, но и ключевым фактором успешного развития современных городов в целом.

В данной статье мы рассмотрим основные аспекты создания равных возможностей для всех жителей в контексте умных городов, выявим перспективы реализации данной концепции и предложим практические подходы к достижению социальной инклюзии в городском пространстве будущего.

Основная часть

Умные города — концепция интеграции нескольких информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) и Интернета вещей (IoT решения) для управления городским имуществом. При этом «...активы города включают, в частности, местные отделы информационных систем, школы, библиотеки, транспорт, больницы, электростанции, системы водоснабжения и управления отходами, правоохранительные органы и другие общественные службы» [1].

Новейшие информационно-коммуникационные технологии, облачные вычисления, видеонаблюдение и различные способы аналитики данных — основа устройства умных городов, благодаря которой можно не только эффективно управлять транспортной инфраструктурой, улучшать экологическую обстановку, но и обеспечивать безопасность жителей, оптимизировать энергопотребление и повышать уровень доступности городских услуг, в том числе использования идей инклюзивности.

Одним из ключевых элементов устройства умных городов является создание цифровой инфраструктуры, которая позволяет собирать, анализировать и хранить данные о транспорте с GPS-навигацией, автоматизированных парковочных системах, а также системах видеонаблюдения и контроля. Внедрение новых технологий в жизнь города позволяют обеспечить безопасность его жителей, повысить уровень комфорта и более эффективно распределить ресурсы. На основе этих данных городские власти могут принимать обоснованные решения по улучшению городской среды и повышению уровня комфорта для жителей [2].

Сегодня мир находится на пороге четвертой промышленной революции, характеризующейся внедрением новейших технологий и цифровизацией всех аспектов жизни. Одним из важнейших направлений развития в этом контексте становится создание умных городов, которые предполагают использование современных информационных и коммуникационных технологий для улучшения качества жизни горожан.

Smart cities (умные города) — это не просто модная тенденция, а настоящая необходимость в современном мире, ведь даже города становятся все более насыщенными и сложными по своей структуре, тем самым формируя единый организм. Планировочная структура умных городов позволяет сделать городскую среду более удобной, безопасной и экологически чистой, а именно это и является главной составляющей качества жизни жителей, проживающих в этих городах [3].

Для достижения таких результатов необходимо рассмотреть и внедрить несколько важных аспектов:

1. Цифровизация городской среды

Одним из ключевых аспектов умных городов является цифровизация и внедрение современных информационных технологий в городскую среду, включающих в себя использование Интернета, сенсорных технологий, системы мониторинга и управления, а также других современных технологий для сбора и анализа данных о городской инфраструктуре, дорожном движении, экологической обстановке и многом другом. Все эти механизмы управления городской средой призваны структурировать внутренние процессы урбанизированного пространства и помочь человеку в улучшении города

2. Умное транспортное и городское планирование

Важным аспектом умных городов является умное транспортное и городское планирование. Современные технологии позволяют создавать системы управления транспортным потоком, оп-

тимизируя тем самым маршруты общественного транспорта и улучшая инфраструктуру для пешеходов и велосипедистов, что в следствие способствует снижению загрязнения воздуха и шумовой обстановки. Продуманное планирование способно улучшить экономические показатели и приблизиться к понятию «устойчивое развитие»

3. Умное жилищное строительство

Третьим важным аспектом умных городов является умное жилищное строительство. Современные технологии позволяют создавать «умные» дома и кварталы, оснащенные системами автоматизации, энергосбережения, безопасности и комфорта. Такие здания могут входить в общую инфраструктуру города, обеспечивая горожанам лучшие условия проживания.

4. Умное управление городской инфраструктурой

Умное управление городской инфраструктурой — это ключевой элемент создания умных городов. Современные технологии позволяют оптимизировать использование ресурсов, тем самым повышая эффективность работы коммунальных служб, улучшая общественные услуги и обеспечивая безопасность горожан.

Все процессы в мире — неоднозначны и дуальны, а потому стоит обговорить преимущества и недостатки умных городов.

Начнем с положительных аспектов умных городов. В их число входит:

- Увеличение эффективности городской инфраструктуры, что, в свою очередь, может привести к сокращению времени на дорогах и улучшенному обслуживанию горожан.
- Использование современных технологий, которые как способствуют улучшению экологической среды, так и уменьшают вредное воздействие на окружающую среду
- Введение систем видеонаблюдения, датчиков и других систем контроля, что повлечет за собой создание новых рабочих мест в области информационных технологий и цифровых технологий.

Но, существуют и негативные стороны существования умных городов:

- Высокие затраты на внедрение и поддержание технологий умного города, что может привести к повышению стоимости жизни для жителей
- Уязвимость перед кибератаками, поскольку цифровые системы могут быть подвержены взлому и злоумышленным вмешательствам
- Риск нарушения приватности горожан из-за сбора и анализа больших объемов данных.
- Отсутствие обучения для всех жителей города по использованию новых цифровых технологий, что может привести к исключению некоторых групп населения [4].

Таким образом, «умный город» — это новый этап в развитии архитектуры и градостроительства, который имеет определённый ряд преимуществ перед другими, уже устаревшими, концепциями городского планирования. Эта новая тенденция создания «smart cities» прежде всего направлена на обеспечение лучшего качества жизни жителя города, снижение негативного воздействия на окружающую среду, повышения эффективности городской инфраструктуры и многое другое. В свою очередь недостатки такого современного способа проектирования имеют пути решения, а потому не являются большой проблемой.

Сфера создания социальной инклюзии, является одним из блоков, входящих в концепцию «умного города».

Социальная инклюзия в сфере архитектуры и градостроительства

Реализация социальной инклюзии в архитектурно-градостроительной практики, подразумевает создание объектов и пространств, учитывающих потребности и интересы всех членов общества. Вне зависимости от их социального статуса, возраста, пола или физических способностей. Целью социальной инклюзии в данной сфере является создание среды, которая позволит всем людям чувствовать себя комфортно и безопасно, а также получать доступ к различным возможностям и услугам [5]. В особенности это относится к созданию сред для маломобильных групп населения (МГН).

Архитекторы и градостроители играют ключевую роль в обеспечении социальной инклюзии, при проектировании зданий и городских пространств. Это подразумевает учет множества факторов, для создания условий, которые способствуют инклюзивности.

Одним из главных принципов социальной инклюзии в архитектуре является учет множественности и многообразия потребностей людей. Это означает, что архитекторы должны стремиться к созданию разных пространств, для использования их различными группами граждан, включая людей с ограниченными физическими возможностями, пожилых людей, детей, мигрантов и т. п. [6]. В качестве примера инклюзивности в архитектуре можно привести пандусы и лифты для людей с ограниченными физическими возможностями, использование гипоаллергенных материалов для населения, страдающего различными реакциями на определенный ряд внешних факторов и создание общественных пространств, которые были бы доступны каждому жителю города.

Социальная инклюзия — обширное понятие, включающее в себя создание пространств, способствующих социальному взаимодействию и связям между различными членами общества, например, проектирование общественных площадей, парков, а также мест для культурных и спортивных мероприятий может способствовать формированию сообщества и повышению социальной кооперации.



Рис. 1. Игровая площадка в Хожуве. Вид на игровую зону Студия SLAS architekci



Рис. 2. Игровая площадка в Хожуве. Студия SLAS architektki

Примером социальной инклюзии в истории зарубежной архитектуры является игровая площадка в польском городе Хожуве (Chorzow) [7]. Это общественное пространство состоит из больших бетонных блоков, облегчающих передвижение маломобильных групп населения (МГН). Наличие разных форм, структур и функций, позволяет легко ориентироваться в пространстве игровой площадки. Места для отдыха, зеленые зоны, в том числе рядом с предыдущими посадками в парке и большими деревьями, чередуются с аккуратными площадками для игры в мяч, оборудованием для фитнеса и детскими площадками (рис. 1). Спортивная зона, находящаяся в центре пространства, снабжена ограничителями, которые отделяют ее от основного парка (рис. 2).

Перспективы развития умных городов с внедрением идеи доступности разным группам населения

Говоря про роль умных городов, необходимым будет упомянуть то, как эти объекты градостроительной идентичности открывают множество возможностей.

Развитие умных городов с учетом принципа доступности имеет множество перспективных возможностей. Будет необходимым начать с такого важного параметра как создание доступной городской среды, которая позволила бы существенно улучшить качество жизни инвалидов и других людей с ограниченными возможностями. Так, например, благодаря специальным умным технологиям, отвечающим требованиям инклюзивности, горожане с ограниченными физическими возможностями смогли бы легче передвигаться по городу, пользоваться общественным транспортом и посещать общественные места [8].

Помимо этого, умные города с учетом принципа доступности способствуют социальной интеграции различных групп населения. Создание барьеров для доступа к городским услугам и местам является одной из причин социальной и экономической изоляции некоторых категорий горожан. Поэтому

внедрение идеи доступности в умные города позволяет создать равные возможности для всех жителей города [9].

Кроме того, умные города с учетом доступности способствуют снижению негативных последствий для окружающей среды. Например, создание умных систем управления транспортом и коммунальной инфраструктурой позволяет эффективнее использовать ресурсы из-за наличия дополнительных данных и расчетов и снижать выбросы вредных веществ. И это в свою очередь благоприятно сказывается на экологии города и на здоровье его жителей [9].

Таким образом, можно сделать вывод, что концепция развития умных городов с учетом принципа доступности является ключевым направлением развития современной городской инфраструктуры. В мире, где наука уже давно под руку идет вместе со всеми сферами жизни, в том числе и с архитектурой, внедрение умных технологий и систем управления, которые учитывают потребности различных групп населения, способствует повышению качества жизни горожан, социальной интеграции и устойчивому развитию городов. Важно активно развивать и совершенствовать такие умные города, чтобы сделать их максимально доступными и удобными для всех горожан.

Примеры социальной инклюзии в современных реалиях

Работая в сфере проектирования общественного пространства, может возникнуть вопрос: а как же обеспечить инклюзивность для своего участка и проекта? Для ответа на эту тему необходимо обратиться к зарубежным примерам того, как возможность доступности территории проявляется в умных городах и способствует улучшению качества жизни.

Первым важным примером инклюзивности является Барселона, Испания. Отличительной особенностью территории является то, что администрация города принимает значительные усилия для обеспечения комфортного передвижения людей с ограниченными возможностями [11]. Так, например, на данный момент уже оборудованы все автобусные станции и тротуары. Даже городские пляж подверглись изменениям — на территории установлены специальные кабинки, как и дорожки к морю (рис. 3).



Рис. 3. Пляж для людей с ограниченными возможностями / The beach is for people with limited mobility

Так же необходимым будет упомянуть Осло, Норвегия, ведь именно этот город стал одним из первых, кто перешел на концепцию «универсального планирования и дизайна» [12], заключающегося

в том, что формируемая архитектурная среда должна быть доступна для всех. Например, в Осло для нужд людей с нарушениями зрения организованы: тактильные покрытия, звуковые объявления на станциях и в поездах, а также оборудованные звуковыми сигналами переходы, которые помогают безопасно переходить дороги и путешествовать (рис. 4).

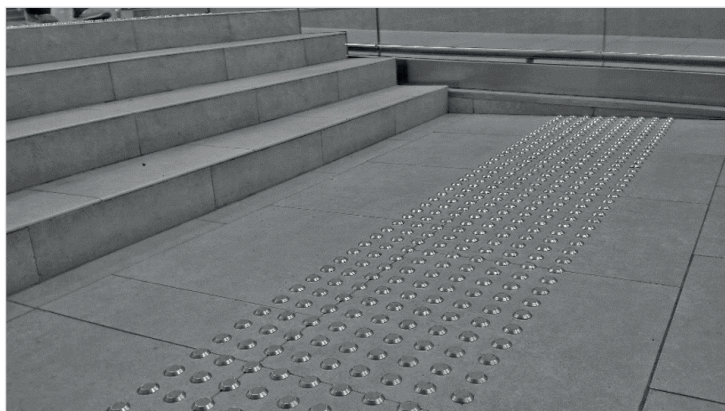


Рис. 4. Адаптация среды для слабовидящих людей / Adapting the environment for the visually impaired

Еще один важный для изучения инклюзивности пример — Берлин, Германия. Столица Германии смогла стать эталоном доступности архитектурных и объектов градостроения для разных групп населения. Берлин был отмечен премией Access City Award (доступ к городу). Европейский Союз, с 2010 года вручает награды городам ЕС, которые уделяют приоритетное внимание к доступности городского пространства для людей с инвалидностью, а именно обеспечение равного доступа к городской жизни для них и предоставление возможности местным властям продвигать и делиться своими лучшими практиками от Европейского союза. А Берлин — это инклюзивный «умный город», включающий в себя практически полную ликвидацию барьеров и адаптацию транспорта. Большинство публичных мест доступно маломобильным группам населения, но, несмотря на это, администрация продолжает прислушиваться к просьбам граждан, делая пространство еще более комфортным.



Рис. 5. Общественный транспорт для маломобильных групп населения / Public transport for people with limited mobility

Важность связи инклюзивности и «умного города»

Препятствия, которые возникают перед людьми с ограниченными возможностями — недопустимы в современном обществе, в котором необходимо добиваться равных возможностей пользования благами города. Говоря про инклюзивности, необходимо понимание того, что именно ее внедрение в умные города — города технологий и нашего настоящего — является важной планировочной задачей современных архитекторов.

Способов, с помощью, которых можно добиться все доступности — большое количество, но необходимым будет начать с того, что на формирование инклюзивной среды в умном городе влияет множество внешних факторов, таких как плотность населения, экологические аспекты среды, развитие транспортной инфраструктуры и т. д. С появлением «умных городов» зародился и новый аспект — технологическая инфраструктура, как раз таки, благодаря ей и можно добиться равенства для всех групп населения. Так, например, наличие различных датчиков, камер, звуковых светофоров и сетей связи может не только улучшить жизнь для граждан, но и сделать ее более доступной для людей с ограниченными возможностями. Путем реализации различных систем управления вопрос о создании без барьерной и инклюзивной среды становится реальным.

В качестве примера связи таких понятий как инклюзивности и «умный город» необходимым будет упомянуть Чикаго, США [12]. Этот мегаполис развивается по принципу создания удобной и комфортной среды для всех жителей города, внедряя различные технологии, в том числе упомянутые выше. А в рамках проекта “Smart Cities for All”, в Нью-Йорке и Чикаго будут организованы круглые столы и различные обсуждения, призванные выявить и решить проблемы, связанные с доступностью среды.

Таким образом, можно сделать вывод, что, при формировании современного городского пространства, которое отвечало бы требованиям «умного города», необходимо не только учитывать потребности граждан, но и учитывать потребности и адаптировать среду для людей с ограниченными возможностями. Современное «умное» пространство — должно быть инклюзивным.

Заключение

Социальная инклюзия играет важную роль в развитии современных городов. Это понятие тесно связано с пониманием, что такое умный город, а потому важно обеспечить каждого жителя равными возможностями для участия в экономической, социокультурной и политической жизни. В современном мире необходимо учитывать потребности и интересы всех слоев общества, включая малообеспеченных граждан, мигрантов, людей с ограниченными возможностями.

Разработка комплексных стратегий, которые включают в себя развитие доступной инфраструктуры, создание рабочих мест, обеспечение доступности образования и здравоохранения и поддержание межкультурного диалога и — это все то, что может помочь достигнуть социальной инклюзии в умных городах.

Как и любой аспект жизни, у всего есть свои недостатки и противоречия, а потому администрациям необходимо проводить образовательные компании с целью осведомленности населения о необходимости перехода на формат инклюзивного пространства.

Социальная инклюзия в умных городах способствует устойчивому развитию, инновациям и снижению социальных неравенств. Только объединив усилия государства, бизнеса, общественных организаций и граждан можно создать гармоничное и прогрессивное общество, где каждый имеет право и возможность реализовать свой потенциал.

Таким образом, социальная инклюзия в архитектуре и градостроительстве имеет значение для обеспечения равных возможностей и доступности для всех членов общества. Архитекторы и градостроите-

ли играют решающую роль в создании таких пространств, ведь это способствует не только социальной инклюзии, но и сплочению общества, так как доступность среды увеличивает количество потребителей и помогает их объединению.

Библиографический список

- 1.** К. В. Макаренко, В. О. Логиновская. «Умный город»: Стандарты, проблемы, перспективы развития. 2019. Т. 19 № 3. С. 165 – 171 DOI: 10.14529/ctcr190316.
- 2.** Попов, Е. В. Умные города: монография / Е. В. Попов, К. А. Семячков. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 346 с.
- 3.** Афонькина Ю. А. Социальная инклюзия лиц с инвалидностью и проблема человеческого достоинства. Современные исследования социальных проблем № 11 (55), 2015. С. 149 – 162.
- 4.** Инклюзивная архитектура [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interior.ru/inklyuzivnaya-arkhitektura> (дата обращения 09.06.2024).
- 5.** Инклюзивное пространство: игровая площадка в Хожуве. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.interior.ru/architecture/15921-inklyuzivnoe-prostranstvo-igrovaya-ploschadka-v-hozhuve.html> (дата обращения 09.06.2024).
- 6.** Соколова А. А. Приемы проектирования инклюзивных зданий на примере разных объектов и методы их применения в архитектуре театров // Урбанистика. 2024. № 2. С. 41 – 62. DOI: 10.7256/2310-8673.2024.2.70363.
- 7.** Энтони М. Таунсенд. Умные города. Большие данные, гражданские хакеры и поиски новой утопии. 2019 г., 400 с.
- 8.** И. А. Шмелева, В. А. Беляев. Инклюзивная среда города в контексте культуры на примере города Санкт-Петербурга. 2021. Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования, 2021 № 1 (30), с. 50 – 57.
- 9.** Возможности для всех. 7 инклюзивных городов мира. [Электронный ресурс]. URL: https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/vozmojnosti-dlya-vseh-7-inklyuzivnyih-gorodov-mira-505599/ (дата обращения 09.06.2024).
- 10.** Универсальный дизайн. Понятие универсального дизайна. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Универсальный_дизайн (дата обращения 09.06.2024).
- 11.** Пузанов К. А., Шубина Д. О. (2019) «Умный город или «умность» города: эффективность использования городских инноваций в США/Городские исследования практики. Т.4. №1. С. 29–42.
- 12.** Умный город — доступный город. [Электронный ресурс]. URL: <https://globe4all.net/posts/all/umnij-gorod-eto-dostupnij-gorod?ysclid=lx6jm77czd747089668> (дата обращения 09.06.2024).

**SOCIAL INCLUSION IN SMART CITIES: CREATING
EQUAL OPPORTUNITIES FOR ALL RESIDENTS**

Abstract

The article deals with the problem of social inclusion in smart cities, the creation of equal opportunities for all residents and the adaptation of the environment for all population groups based on “smart cities”. The prospects for the development of a “smart city”, the introduction of its components into existing cities is a promising area of their spatial organization, where the implementation of the ideas of accessibility and social inclusion are modern realities. The purpose of the study is to study and analyze the possibility of introducing inclusion in already formed cities, the use of existing architectural objects that are designed to work with different segments of the population.

The Keywords

Inclusion, smart city, social inclusion, accessibility, digitalization.

Date of receipt in edition

20.05.2025

Date of acceptance for printing

22.05.2025

Ссылка для цитирования:

В. А. Мелнис. Социальная инклюзия в умных городах: создание равных возможностей для всех жителей. — Системные технологии. — 2025. — № 1 (54). — С. 184–193.



Р типография **иасофт**

рекламная продукция

постеры, флаера, листовки, буклеты, брошюры

полиграфическая продукция бизнес-сферы

конверты, визитки, фирменные бланки, календари, папки

книжно-журнальная продукция

журналы, книги

сувенирная продукция

календари, приглашения, открытки

**Компания оказывает услуги типографии по всей России
Мы работаем без выходных**

**Наш адрес: Респ. Дагестан, г. Махачкала,
пр. Акушинского, д. 28 "П"**

Тел. 8 962 999-52-51

8(8722)515254

**высокое
качество**



**минимальные
сроки**

