

Научно-практический сетевой журнал
Выходит 2 раза в год

Учредитель и издатель
Пензенский государственный
университет архитектуры
и строительства

Главная редакция:
В.А. Береговой (главный редактор)
Б.М. Гришин (заместитель
главного редактора)
И.Ю. Шитова (ответственный секретарь)

Адрес редакции:
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28,
ПГУАС
Тел/факс 8412 420501
E-mail: techbeton@pguas.ru
www.vestnikpguas.ru

Редакторы: М.А. Сухова,
Н.Ю. Шалимова

Дизайн обложки Л.А. Васин

Компьютерная верстка
Н.А. Сазонова

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации
Эл. № ФС77-61513 от 24 апреля 2015 г.

Авторы опубликованных материалов
несут ответственность за достоверность
приведенных сведений, точность данных
по цитируемой литературе и за исполь-
зование в статьях данных, не подлежа-
щих открытой публикации.

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

ВЕСТНИК ПГУАС: СТРОИТЕЛЬСТВО, НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ 1(18)/2024

Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА..... 4

Береговой А.М., Моськин Я.Ю.
ЭНЕРГОАКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ,
ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕПЛО
СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ 4

Береговой В.А., Шурыгин И.С.
ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ
С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ОТХОДОВ
ОБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА..... 8

Береговой В.А., Моськин Я.Ю., Шурыгин И.С.
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
АГЛОПОРИТОВОГО ГРАВИА ИЗ ОПОК
СУРСКО-МАИССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ... 15

Глухов В.С., Панкина М.В., Токарев П.Д.
НОВОЕ РЕШЕНИЕ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ 22

Калошина С.В., Комшин А.А.
ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ
СЛАБЫХ ГРУНТОВ 28

**Коровкин М.О., Ерошкина Н.А.,
Шестернин А.И., Зенкин В.В.**
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННЫХ
ОТХОДОВ СНОСА В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА..... 33

Мартышкин Д.О., Лавров И.Ю.
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-
МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МАТЕРИАЛА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ 39

**Махамбетова К.Н., Лавров И.Ю.,
Хаванский А.А.**
ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
САМООЧИЩАЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ 44

**Тарасеева Н.И., Грачева Ю.В.,
Моршанкин В.А., Букин Д.Н., Якашина О.И.**
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ
ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ХАРАКТЕРИСТИК НАБУХАНИЯ ГРУНТОВ
ПО МЕТОДУ ГОСТ 12248.6-2020 ДЛЯ ВЫБОРА
ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ..... 50

Хрянина О.В., Радаев В.А., Волков К.О., Шереметьева М.И. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОДОРОГИ ПУТЕМ ПОВЫШЕНИЯ ЕЁ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ИЗМЕНЕНИЯ КАТЕГОРИИ 55	ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ 76
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ 63	Литвинская О.С., Литвинский Е.В. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ИНЖЕНЕРИИ 76
Крамор Д.Д., Максимова И.Н. СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЖАРОЧНОГО ШКАФА 63	МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ 79
Макарова Л.В., Тарасов Р.В., Федотова Е.А. АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЗАЩИТНО- ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ 70	Васин Л.А., Литвинская О.С., Литвинский Е.В. ОРГАНИЗАЦИЯ ДОСТУПА К ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УНИВЕРСИТЕТА 79
	Лысый С.П., Забегалин А.В., Елкин Г.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ RENGA 86

Contents

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE . 4	
Beregovoy A.M., Moskin Y.Yu. ENERGY ACTIVITY OF BUILDINGS, USING THE HEAT OF SOLAR RADIATION..... 4	
Beregovoy V.A., Shurygin I.S. EPOXY COMPOSITES FILLED WITH COMPONENTS FROM WALLPAPER WASTE..... 8	
Beregovoy V.A., Moskin Y.Yu., Shurygin I.S. TECHNOLOGY OF OBTAINING AGGLOPORITE GRAVEL FROM THE GAIZE OF THE SURSKO-MAISSKOYE DEPOSIT 15	
Glukhov V.S., Pankina M.V., Tokarev P.D. NEW SOLUTION OF RETAINING WALL..... 22	
Kaloshina S.V., Komshin A.A. USING OF SOLID WASTES FOR IMPROVING OF WEAK SOILS PROPERTIES 28	
Korovkin M.O., Eroshkina N.A., Shesternin A.I., Zenkin V.V. THE RESEARCH OF RECYCLED DEMOLITION WASTE AS A RAW MATERIAL FOR CONCRETE PRODUCTION..... 33	
Martyshkin D.O., Lavrov I. Yu. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE MATERIAL ON THE DYNAMIC PARAMETERS OF THE FRAME STRUCTURE..... 39	
Makhambetova K.N., Lavrov I.Yu., Khavansky A.A. TECHNICAL ASPECTS OF DETERMINING THE PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF SELF-CLEANING CEMENT MATERIALS . 44	
Taraseeva N.I., Gracheva Yu.V., Morshankin V.A., Bukin D.N., Yakashina O.I. THE PRACTICAL SIGNIFICANCE OF LABORATORY STUDIES OF SOIL SWELLING CHARACTERISTICS ACCORDING TO THE GOST 12248.6-2020 METHOD FOR SELECTING THE FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES 50	
Hryanina O.V., Radaev V.A., Volkov K.O., Sheremetyeva M.I. THE EXPEDIENCY OF THE RECONSTRUCTION OF THE HIGHWAY BY INCREASING THE CAPACITY AND CHANGING ITS CATEGORY55	
STANDARDIZATION AND QUALITY MANAGEMENT 63	
Kramor D.D., Maksimova I.N. STATISTICAL REGULATION BY MEANS OF CONTROL CARDS ON THE EXAMPLE OF PRODUCTION ELECTRIC FRYING PAN63	
Makarova L.V., Tarasov R.V., Fedotova E.A. ANALYSIS OF THE OPERATIONAL RESISTANCE OF PROTECTIVE AND DECORATIVE COATINGS OF EXTERIOR WALLS OF BUILDINGS.....70	
PEDAGOGICAL SCIENCES..... 76	
Litvinskaya O.S., Litvinskij E.V. INFORMATION SYSTEMS IN ENGINEERING76	
MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE PACKAGES..... 79	
Vasin L.A., Litvinskaya O.S., Litvinskij E.V. ORGANIZATION OF ACCESS TO THE UNIVERSITY ELECTRONIC INFORMATION SYSTEM80	
Lysy S.P., Zabegalin A.V., Elkin G.V. MODELING IN THE RENGA PROGRAM...86	

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

УДК [72+69] : 620.91 – 049.35

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Береговой Александр Маркович,
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник научно-
исследовательского сектора
E-mail: ambereg@rambler.ru

Москин Ярослав Юрьевич,
магистрант
E-mail: techbeton@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Beregovoy Aleksandr Marcovich,
Doctor of Sciences, Professor,
Chief Researcher of the Research Sector
E-mail: ambereg@rambler.ru

Moskin Yaroslav Yur'evich,
Master's student
E-mail: techbeton@pguas.ru

ЭНЕРГОАКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕПЛО СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

А.М. Береговой, Я.Ю. Москин

Результаты проведенных натурных обследований жилых зданий старой застройки подтвердили низкий уровень их тепловой защиты, уступающий в 1,7–2,2 раза действующим нормативным требованиям. Существующие варианты тепловой защиты глухих участков наружных стен и окон за счет повышения сопротивления теплопередаче отличаются значительной трудоемкостью и большими расходами материально-технических ресурсов. Предложены менее затратные способы проектирования энергоактивных зданий на основе использования устройств по типу плоского солнечного коллектора путем определения его оптимальной площади в зависимости от этажности и других геометрических параметров здания.

Ключевые слова: энергоактивность зданий, тепло солнечной радиации, тепловая защита зданий, плоский солнечный коллектор, энергосбережение

ENERGY ACTIVITY OF BUILDINGS, USING THE HEAT OF SOLAR RADIATION

A.M. Beregovoy, Y.Yu. Moskin

The results of field surveys of residential old buildings confirmed the low level of their thermal protection, which is inferior to the current regulatory requirements by 1.7–2.2 times. The existing options for the thermal protection of blind areas of exterior walls and windows by increasing the resistance to heat transfer are characterized by significant labor intensity and high expenditure of

material and technical resources. There are proposed less costly methods for the design of energy-efficient buildings, based on the use of a device like a flat solar collector and by determining its optimal area, depending on the number of floors and other geometric parameters of the building

Keywords: energy activity of buildings, heat of solar radiation, thermal protection of buildings, flat solar, collector, energy saving.

При термомодернизации эксплуатируемых жилых зданий в отличие от нового проектирования тепловой защиты сужается перечень способов по повышению их энергоэффективности. Например, практически невозможно кардинально изменить объемно-планировочное решение существующего объекта, которое позволяет в широких пределах влиять на удельную теплозащитную характеристику здания. Выполненные исследования способов термомодернизации реконструируемых жилых зданий [1, 2] показывают, что наибольший эффект дают мероприятия по повышению их тепловой защиты, в том числе по увеличению сопротивления теплопередаче глухих участков наружных стен и установке стеклопакетов взамен устаревших конструкций окон.

Натурные обследования давно эксплуатируемых жилых зданий в г. Пензе, проведенные до выхода в свет актуализированной редакции СНиП по тепловой защите (СП 50.13330.2012), установили, что величина удельного расхода тепловой энергии на отопление $q_{уд}$, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$, этих зданий уступает нормативным требованиям для 1-, 5-, 9-, 14-этажных зданий соответственно в 2,2; 1,88; 1,49; 1,7 раза (рис. 1).

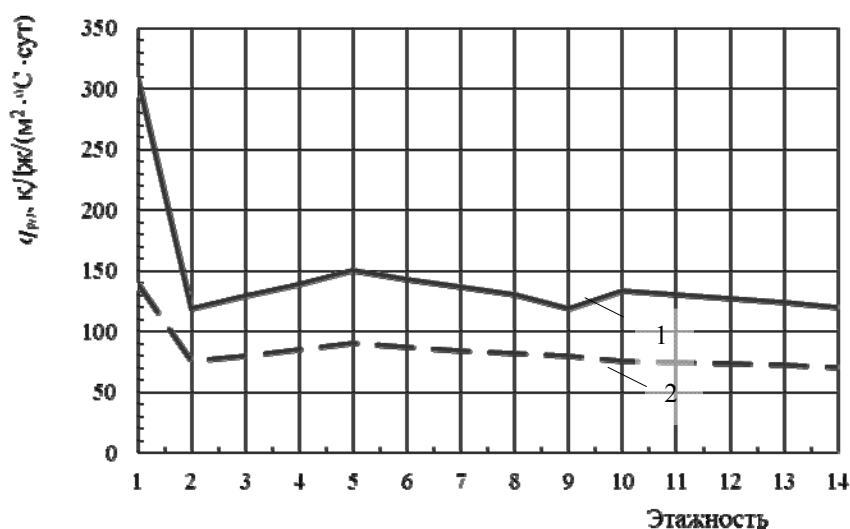


Рис. 1. Влияние этажности зданий на удельный расход тепловой энергии:
1 – по результатам обследований; 2 – нормативные значения

Значительная экономия тепловой энергии в здании может быть достигнута при устройстве вентилируемого фасада и дополнительной наружной теплоизоляции стен, а также при термомодернизации конструкций окон, что повышает сопротивление теплопередаче R наружных ограждающих конструкций. На рис. 2 показана зависимость величин $q_{уд}$ и R при термомодернизации наружной стены одного из обследованных жилых зданий.

Повышение тепловой защиты конструкции наружной стены до нормативной величины (для Пензы $R^{норм}=3,18$) обеспечило снижение величины $q_{уд}$ соответственно в 1,88 раза. Однако недостаток упомянутых способов повышения тепловой защиты глухих участков наружных стен и окон заключается в том, что они отличаются значительной трудоемкостью и большими расходами материально-технических ресурсов.

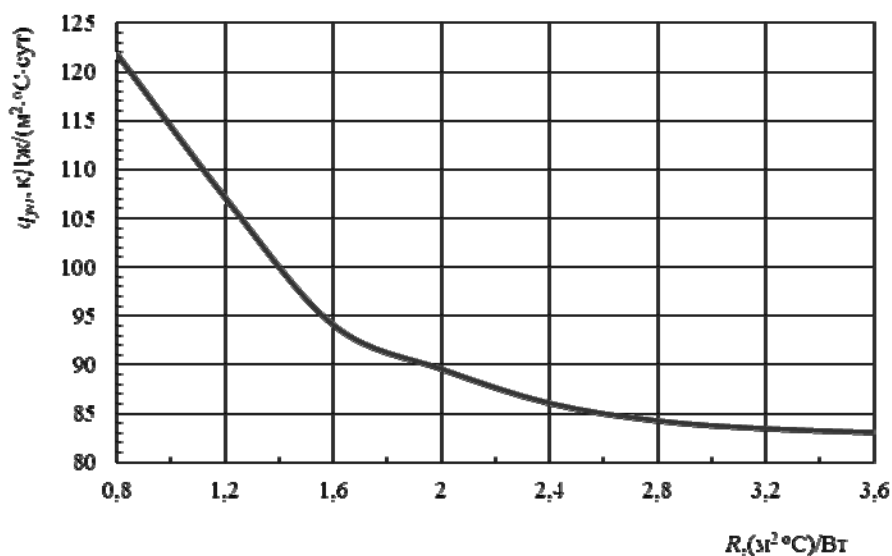


Рис. 2. Зависимость величины удельного расхода тепловой энергии на отопление от сопротивления теплопередаче наружной стены 5-этажного дома (объем отопления 7384 м³)

Эффективность термомодернизации зависит от хорошо продуманного подхода к оценке состояния тепловой защиты зданий, особенно тех из них, которые находятся в состоянии быстрой потери основных теплофизических характеристик; при этом физико-механические свойства их конструкций могут быть на допустимом уровне. Проведение термомодернизации позволяет отодвинуть на более поздний срок капитальный ремонт здания, который потребовал бы в таком случае более значительных материально-технических затрат.

Расчет эффективности восстановления тепловой защиты 5-этажного жилого дома на 60 квартир показал, что при стоимости его термомодернизации 105 млн руб. приближительная эффективность его восстановления может составить от 3,25 до 8,5 млн руб. (с нормируемой долговечностью от 100 лет при продлении срока его эксплуатации после термомодернизации соответственно на 5 и 10 лет).

С целью дальнейшего повышения энергоэффективности зданий были разработаны способы повышения их энергоактивности, позволяющие использовать возобновляемые источники энергии. Для малоэтажных зданий в работе [3] предложен простой по устройству плоский солнечный коллектор (рис. 3).

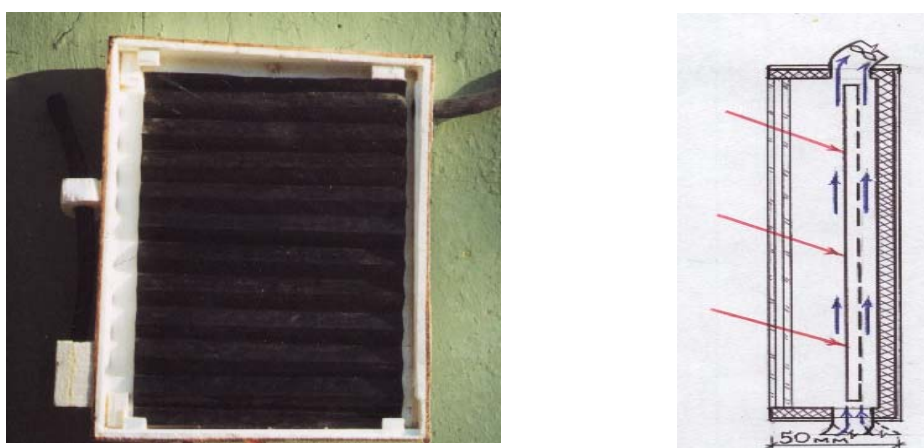


Рис. 3. Общий вид и разрез энергоактивной конструкции на основе плоского солнечного коллектора

Оценку мощности устройства рассчитывали по формуле

$$M_s = \frac{w \cdot c \cdot \rho \cdot (T_{\text{вых}} - T_{\text{вх}})}{3600}, \quad (1)$$

где w – количество воздуха, поступающего из коллектора в помещение, м³/ч; c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 КДж/(кг·°С); ρ – плотность воздуха, $\rho=1,2$ кг/м³; $T_{\text{вх}}$ и $T_{\text{вых}}$ – температура воздуха на входе и выходе из коллектора, °С.

По результатам натурных испытаний коллектора, проведенных в полуденное время межсезонья при плотности потока солнечной радиации 640 Вт/м², максимальная мощность коллектора площадью 1 м² составила 0,673 кВт. Модули коллектора общей площадью 5, 10, 25 м², установленные на южном фасаде здания, при данных условиях солнечной радиации способны передать в помещения соответственно 3,37; 6,73 и 16,83 кВт тепловой энергии. Так как на эффективное отопление 1 м² жилой площади уходит в среднем 100 Вт, эти модули за время максимальной мощности могут обеспечить теплом помещения площадью соответственно 33,7; 67,3 и 168,3 м².

Выполненные исследования показали, что энергоактивность многоэтажного здания, использующего тепло солнечной радиации, находится в зависимости от его геометрических параметров, площади наружных ограждений S_o и площади S_x инсолируемой конструкции по типу плоского солнечного коллектора.

Анализ зависимости величины S_x такой конструкции, установленной на южном фасаде, от суммарной полезной площади здания S_n показал следующие результаты:

- в пятиэтажном здании теплотери через наружные ограждения могут уменьшиться в 1,3 раза, если $S_x=0,25S_o$;
- в отличие от энергоэкономичного здания тепловая потребность его энергоактивного варианта снижается с уменьшением его ширины за счет увеличения удельной поверхности S_x/S_n ;
- у энергоактивных зданий меньше ширина корпуса и больше, чем у зданий традиционного типа, удельные величины периметра наружных стен и поверхности наружных ограждений.

Список литературы

1. Береговой, А.М. Мероприятия по тепловой защите зданий и энергосбережение в системе естественной вентиляции помещений / А.М. Береговой, И.С. Шурыгин // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2023. – № 2 (17). – С. 4–8.
2. Береговой, А.М. Повышение энергоэффективности малоэтажных зданий / А.М. Береговой, Е.С. Маризина // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2022. – №1(13). – С. 3–7.
3. Береговой, А.М. Энергоэкономичные и энергоактивные здания в архитектурно-строительном проектировании / А.М. Береговой, А.В.Гречишкин, В.А. Береговой. – 3-е изд., перераб. и доп. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 200 с.

References

1. Beregovoy, A.M. Measures for thermal protection of buildings and energy saving in the system of natural ventilation of rooms / A.M. Beregovoy, I.S. Shurygin // Bulletin of PGUAS: construction, science and education. – 2023. – №. 2 (17). – P. 4–8.
2. Beregovoy, A.M. Improving the energy efficiency of low-rise buildings / A.M. Beregovoy, E.S. Marizina // Bulletin of PGUAS: construction, science and education. – 2022. – №1(13). – P. 3–7.
3. Beregovoy, A.M. Energy-efficient and energy active buildings in architecture and building engineering / A. M. Beregovoy, A.V. Grechishkin, V.A. Beregovoy. – 3-e edition, revised and enlarged. – Penza: State University of Architecture and Construction, 2012. – 200 p.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Береговой Виталий Александрович,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Технологии строительных
материалов и деревообработки»

Шурыгин Илья Сергеевич,
магистрант
E-mail: techbeton@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Beregovoy Vitaly Aleksandrovich,
Doctor of Science, Professor,
Head of the Department «Building Materials and
Woodworking Technology»

Shurygin Ilya Sergeevich,
Master's Student
E-mail: techbeton@pguas.ru

ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ОТХОДОВ ОБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.А. Береговой, И.С. Шурыгин

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению возможности вторичного использования отходов, образующихся в результате технологического процесса по выпуску моющихся обоев, в качестве наполнителей для эпоксидных матриц. Рассмотрено влияние наполнителей на показатели физико-механических свойств, а также декоративные качества поверхности композиционных материалов. На примере скопа показано, что применение волокнистых отходов способствует повышению прочности композита при изгибе.

Ключевые слова: композиционные материалы, эпоксидная смола, наполнитель, отходы обоевого производства

EPOXY COMPOSITES FILLED WITH COMPONENTS FROM WALLPAPER WASTE

V.A. Beregovoy, I.S. Shurygin

The article presents the results of experimental studies to determine the possibility of recycling waste generated as a result of the technological process for the production of washable wallpaper as fillers for epoxy matrices. The influence of fillers on the indicators of physical and mechanical properties, as well as the decorative qualities of the surface, is considered. Using the example of scop, it is shown that the use of fibrous waste types contributes to an increase in the strength of the composite during bending.

Keywords: composite materials, epoxy resin, filler, wallpaper production waste

Целью проводимых исследований являлось определение возможности применения отходов, образующихся в результате технологического процесса по производству моющихся обоев, в составах композиционных материалов. При проведении исследований в качестве наполнителей для композиционных материалов были отобраны скоп и глиттер. Первый скапливается при локальной очистке оборотных вод и преимущественно состоит из целлюлозных волокон длиной 3.2 мм и диаметром 0.03 мм (фото 1, а). Второй – это многотоннажные отходы, включающие в свой состав остатки акрилового связующего, колеров и дисперсных частиц с эффектом активного блеска (фото 1, б).



Фото 1. Образцы отходов:
а – скоп; б – глиттер

При планировании экспериментов в качестве целевых ориентиров приняты характеристики материалов, используемых в настоящее время для изготовления корпусов струнных музыкальных инструментов. Инструменты передают колебания струн окружающему воздуху через свой корпус или посредством звукоснимателя, как в случае с электронными инструментами. Очевидно, что такие изделия должны отличаться высокой прочностью, необходимой для долговременного удержания натяжения струн, легкостью и звуковыми качествами для обеспечения эффективности работы звукоснимающей аппаратуры. Сочетания высокой прочности, малого веса и звукопроводности можно достичь только в композиционных материалах. Ранее для этого использовали природные композиты в виде древесины подходящих по свойствам пород. Для изготовления электрических гитар применяют ясень, ольху и липу. Например, ольху часто выбирают для своих базовых моделей ведущие производители электрических гитар («Фендер», «Джексон», «Ибанез», «Вашбёрн») за ее универсальное звучание – верхние и нижние частоты сглажены, а звук отлично резонирует [1].

С развитием химии полимеров и появлением синтетических смол с высокой адгезией к различным наполнителям и прочностью в отвержденном состоянии появляется техническая возможность целенаправленно регулировать сочетание отдельных структурных компонентов с целью оптимизации звуковых и прочностных свойств при минимальной объемной массе материала. Решению задач в рамках развития этого материаловедческого направления и посвящены исследования, результаты которых представлены в данной работе.

С целью установления пороговых значений показателей физико-механических свойств для разрабатываемых композитов в табл. 1 приведены материалы, применяемые в корпусах электрогитар в настоящее время.

Т а б л и ц а 1

Основные виды материалов для корпусов электрогитар

Название	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа		$E_{упр}$, ГПа	$V_{зв}$, м/с
		сжатие	изгиб		
Древесина					
Ольха	490	37	70	6,5	3642
Ясень	640	51	115	12,8	4472
Липа	470	39	68	6,1	3603
Композиты					
Гетинакс	1400	60	100	10,8	2777
Текстолит	1350	50	80	11,0	2854

Исследование свойств осуществляли с использованием аппарата математического планирования эксперимента. В качестве матричного материала применяли эпоксидный компаунд Смэл 04-25, состоящий из смолы и отвердителя (соотношение по масс. 4,07:1). Контрольные образцы изготавливали в стальных (плотность и прочность на изгиб) и силиконовых (прочность на сжатие) формах с размерами ячеек 10×10×60 и

10×10×10 мм соответственно (фото 2). Время с момента изготовления образцов до проведения испытаний составляло 2...3 суток.

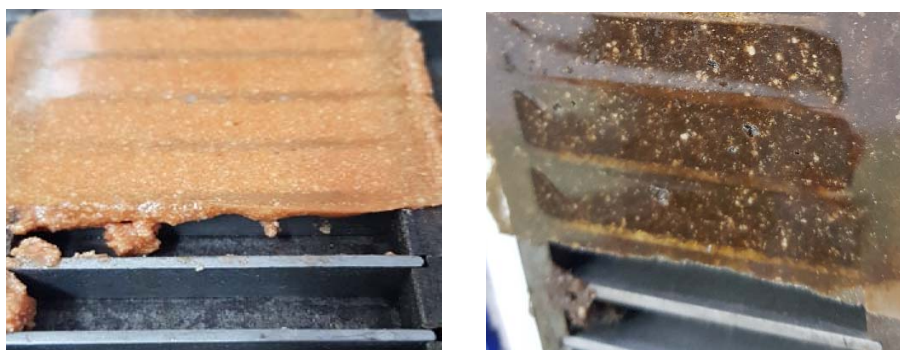


Фото 2. Контрольные образцы для испытаний на изгиб с наполнителем:
а – перлит; б – глиттер

На первом этапе подбиралось оптимальное соотношение между компонентами по критериям прочности и средней плотности композита. Варьирование массового содержания скопа в полимерной композиции составляло 5,5...28,7 %. В процессе лабораторных опытов установлено, что оптимальными для ручной формовки технологическими свойствами (гомогенность, удобоукладываемость) обладают сырьевые смеси со степенью наполнения 12,5...25 %. Влияние наполнителя в виде скопа на формирование физико-механических свойств эпоксидного композита иллюстрируют графики на рис. 1.

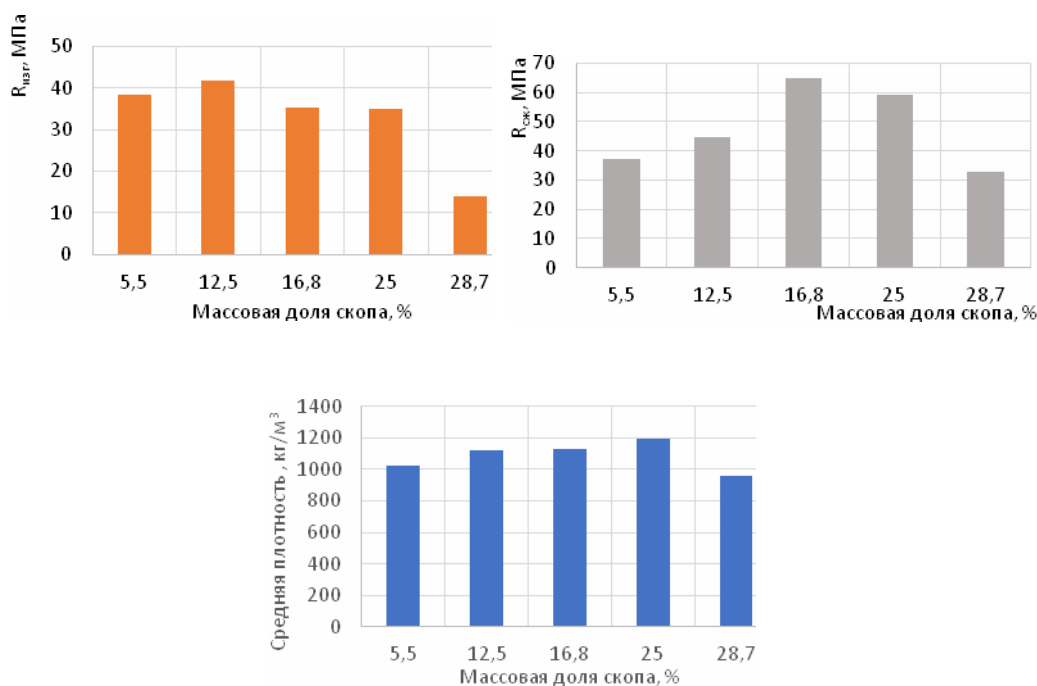


Рис. 1. Влияние наполнителя (скоп) на показатели свойств композита

Качество композита оценивали по динамике водопоглощения на следующих контрольных составах (рис. 2): №1 – эпоксидный композит с массовой долей скопа 5,5 %; №2 – эпоксидный композит с массовой долей скопа 12,5 %; №3 – полиэфирный композит с массовой долей скопа 13,7 % (для сравнения).

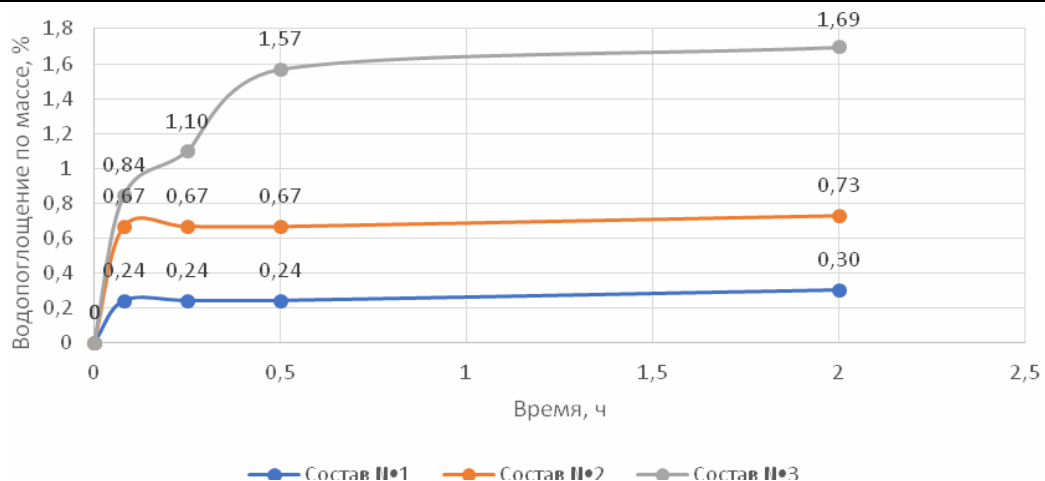


Рис. 2. Кинетика водопоглощения исследуемых составов

На следующем этапе исследовалась возможность снижения объемной массы композита путем введения в состав пористого заполнителя на основе перлита (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Рецептуры составов с добавкой перлита и свойства композита

№	Массовые доли компонентов, %			ρ_m , кг/м ³	Предел прочности, МПа	
	Смола (А)	Скоп (В)	Перлит (С)		сжатие	изгиб
1	87,5	-	12,5	870	34,5	23,8
2	85,3	12,2	2,5	1040	47,9	33,3
Матрица						
0	100	0	0	1180	62,7	31,3
1	87,5	12,5	0	1120	44,5	41,7
2	87,5	0	12,5	870	34,5	23,8
3	75	25	0	1190	59,4	35,1
4	75	0	25	580	7,4	17,2
5	75	12,5	12,5	1020	42,7	30

Результаты, полученные после математической обработки проведенных экспериментов, иллюстрируют графики на рис. 3.

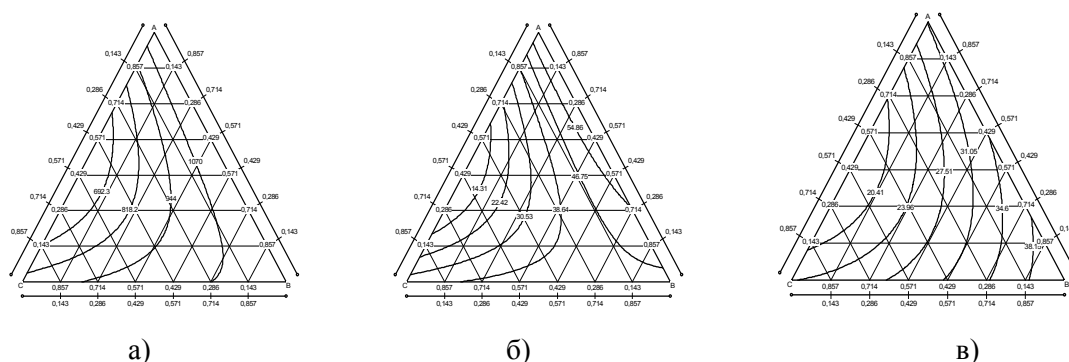


Рис. 3. Влияние перлита на свойства композита:
а – средняя плотность; б – прочность композита при сжатии; в – прочность при изгибе

Уравнения регрессии исследуемых свойств имеют вид:

$$\rho_m = 1180B_1 + 1120B_2 + 870B_3 + 160B_{12} - 1780B_{13} + 100B_{23}, \quad (1)$$

$$R_{сж} = 62,7 B_1 + 44,5B_2 + 34,5B_3 + 23,2 B_{12} - 164,8 B_{13} + 12,8 B_{23}, \quad (2)$$

$$R_{изг} = 31,3B_1 + 41,7B_2 + 23,8B_3 - 5,6 B_{12} - 41,4B_{13} - 11 B_{23}. \quad (3)$$

Исходя из назначения материала одна из главных целей оптимизации составов заключалась в придании поверхности отвержденного композита высоких декоративных качеств. С этой целью в качестве наполнителя использовали глиттер, содержащий в своем составе алюминиевую пудру. Это было установлено ранее при использовании данного отхода в качестве порообразователя в составах газобетонов [2]. Применение ячеистых бетонов, как известно, позволяет существенно повысить показатель теплозащиты отапливаемых зданий [3, 4]. Влияние добавки глиттера на физико-механические свойства композита показано в табл. 3 и на рис. 4.

Т а б л и ц а 3

Рецептуры составов с добавкой глиттера и свойства композита

№	Массовые доли компонентов, %			ρ_m , кг/м ³	Предел прочности, МПа	
	Смола (А)	Скоп (В)	Глиттер (С)		сжатии	изгибе
1	66,7	-	33,3	1070	40	24
Матрица						
0	100	0	0	1180	62,7	31,3
1	87,5	12,5	0	1120	44,5	41,7
2	87,5	0	12,5	1110	58,7	38,9
3	75	25	0	1190	59,4	35,1
4	75	0	25	1090	49,3	34,9
5	75	12,5	12,5	1165	61,2	37,7

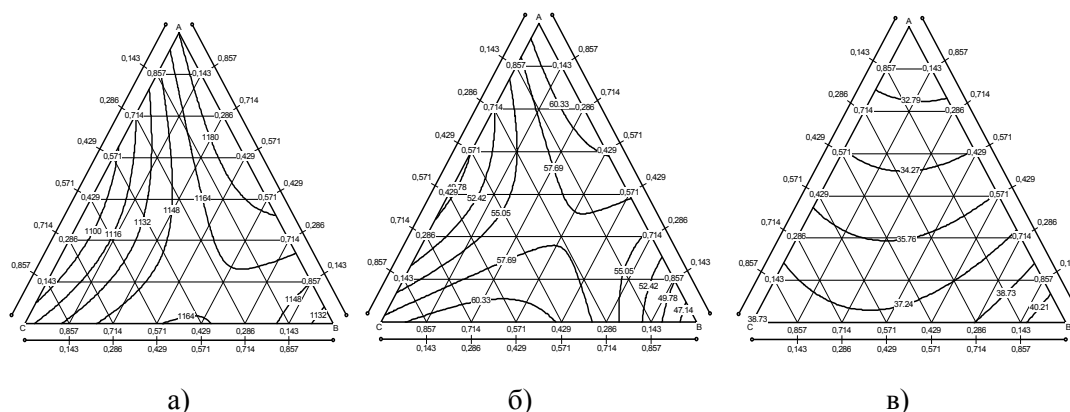


Рис. 4. Влияние глиттера на свойства композита:

а – средняя плотность; б – прочность композита при сжатии; в – прочность при изгибе

$$\rho_{m(гл)} = 1180B_1 + 1120B_2 + 1110B_3 + 160B_{12} - 220B_{13} + 200B_{23}, \quad (4)$$

$$R_{сж(гл)} = 62,7 B_1 + 44,5B_2 + 58,7B_3 + 23,2 B_{12} - 45,6B_{13} + 38,4 B_{23}, \quad (5)$$

$$R_{изг(гл)} = 31,3B_1 + 41,7B_2 + 38,9B_3 - 5,6 B_{12} - 0,8B_{13} - 10,4 B_{23}. \quad (6)$$

Визуальный осмотр полученных с применением глиттера композитов показал наличие ярко выраженного оптического эффекта за счет иризации поверхностных слоев (фото 3).



Фото 3. Эффект активного блеска поверхности от частиц наполнителя

Выводы

Эксперименты показали целесообразность вторичного использования отходов, образующихся в результате технологического процесса по выпуску обоев, в качестве наполнителей в составах композиционных материалов на основе эпоксидной смолы.

Наиболее перспективные рецептурные решения связаны с использованием эффекта активного блеска, возникающего от частиц наполнителя, остатки которого входят в состав отходов.

Приведенные данные показывают, что введение отходов на основе скопа в эпоксидную матрицу позволяет в среднем на 1/3 повысить прочность при изгибе композита. Для уменьшения объёмной массы материала целесообразно вводить в рецептуру исходной смеси от 12,5 до 25 % (масс.) пористого наполнителя в виде перлитового песка. Это позволяет снизить среднюю плотность материала до 870...580 кг/м³.

Список литературы

1. Кох, Мартин. Изготовление электрогитары / Мартин Кох. – Изд-во Koch Martin, 2001. – 141 с.
2. Береговой, В.А. Рециклинг отходов обоевого производства в технологии декоративных строительных материалов / В.А. Береговой, А.А. Христосов, И.С. Шурьгин // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2022. – № 2(15). – С. 8–12.
3. Береговой, А.М. Показатели эффективности в системном анализе теплопотерь через энергосберегающие наружные ограждения / А.М. Береговой, О.Л. Викторова, В.А. Береговой // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 5(605). – С. 57–61.
4. Proshin, A.P. Unautoclaved foam concrete and its constructions adapted to regional conditions / A.P. Proshin, V.A. Beregovoy, A.M. Beregovoy, A.I. Eremkin // Proceedings of the International Conference on the Use of Foamed Concrete in Construction: 2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities, 05–07 июля 2005 года / Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers, University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Newlands M.D., McCarthy A., University of Dundee, Concrete Technology Unit. – Dundee, Scotland, 2005. – P. 113–120.

References

1. Koch, Martin. Making an electric guitar / Martin Koch. – Publishing House, 2001. – 141 p.
2. Beregovoy, V.A. Recycling of wallpaper production waste in the technology of decorative building materials / V.A. Beregovoy, A.A. Hristosov, I.S. Shurygin // Bulletin of PGUAS: construction, science and education. – 2022. – № 2(15). – P. 8–12.

3. Beregovoy, A.M. Efficiency indicators in the system analysis of heat loss through energy-saving external fences / A.M. Beregovoy, O.L. Viktorova, V.A. Beregovoy // Izvestia of higher educational institutions. Construction. – 2009. – № 5(605). – P. 57–61.

4. Proshin, A.P. Unautoclaved foam concrete and its constructions adapted to regional conditions / A.P. Proshin, V.A. Beregovoy, A.M. Beregovoy, A.I. Eremkin // Proceedings of the International Conference on the Use of Foamed Concrete in Construction: 2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities, 05–07 июля 2005 года / Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers, University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Newlands M.D., McCarthy A., University of Dundee, Concrete Technology Unit. – Dundee, Scotland, 2005. – P. 113–120.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Береговой Виталий Александрович,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Технологии строительных
материалов и деревообработки»

Моськин Ярослав Юрьевич,
магистрант

E-mail: techbeton@pguas.ru

Шурыгин Илья Сергеевич,
магистрант

E-mail: techbeton@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Beregovoy Vitaly Aleksandrovich,
Doctor of Science, Professor,
Head of the department «Building Materials and
Woodworking Technology»

Moskin Yaroslav Yur'evich,
Master's student

E-mail: techbeton@pguas.ru

Shurygin Ilya Sergeevich,
Master's Student

E-mail: techbeton@pguas.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ АГЛОПОРИТОВОГО ГРАВИЯ ИЗ ОПОК СУРСКО-МАИССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.А. Береговой, Я.Ю. Моськин, И.С. Шурыгин

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению возможности использования опок, скапливающихся в виде отвалов вскрышных пород при разработке карьеров сырьевых материалов для производства портландцемента. Показана принципиальная возможность применения отдельных разновидностей природных опок для выпуска обжигового искусственного заполнителя для бетонов – термолитового щебня. Для повышения процента выхода готового материала и улучшения показателей предложены химические модификаторы, интенсифицирующие процесс образования низкотемпературных минеральных расплавов до 900 °С.

Ключевые слова: природные опоки, химические добавки, показатели свойств, искусственный заполнитель

TECHNOLOGY OF OBTAINING AGGLOPORITE GRAVEL FROM THE GAIZE OF THE SURSKO-MAISSKOYE DEPOSIT

V.A. Beregovoy, Y.Yu. Moskin, I.S. Shurygin

The article presents the results of experimental studies to determine the possibility of using gaize accumulated in the form of overburden dumps when developing quarries of raw materials for the production of Portland cement. The fundamental possibility of using certain varieties of natural gaize as the basis for the production of calcined artificial aggregate for concrete – thermolite crushed stone is shown. Chemical modifiers intensifying process of formation of low-temperature melts up to 900 °С are proposed to increase percentage of finished material yield and improve its strength and water absorption indices.

Keywords: natural gaizes, chemical additives, properties, artificial aggregate

В связи с ростом жилищного строительства во многих регионах страны ощущается нехватка инертных материалов для производства цементных бетонов. Для реального сектора экономики интерес представляют случаи, когда при разработке месторождений целевого минерального ресурса образуются значительные объемы вскрышных пород, имеющих потенциал применения в производстве различных строительных материалов. Применительно к Среднему Поволжью характерным примером является цементное производство, осуществляющее добычу из карьеров основного продукта в виде мергеля или известняка, а невостребованные вскрышные слои, состоящие из

опок, постепенно формируют значительные массивы. По данным регионального производителя цемента ОАО «Азия Цемент», разведанные запасы опок Сурско-Маисского месторождения составляют 17 млн т. Залежи имеют форму уплощенных линз с относительно невысокой мощностью и преобладанием в химическом составе аморфного SiO₂, часто с примесью кристаллического кварца (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Химический состав опоки (усредненный)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	R ₂ O	Cl	ппп
80,35	4,53	3,02	0,27	2,33	0,28	0,055	1,36	0,95	0,003	6,22

Анализ данных табл. 1 и литературных источников показал, что на основе такого природного сырья можно организовать производство термолита – искусственного заполнителя из опок [1, 2]. Наличие в химическом составе большого количества аморфного SiO₂ позволяет предположить, что пылевидный отход, образующийся в процессе обжига опочного щебня в диапазоне 900...1000 °С, обладает достаточно высокой пуццолановой активностью, чтобы рассматриваться в качестве альтернативы дорогостоящему микрокремнезему – наиболее эффективному виду микрозаполнителя в ряду современных реакционно-активных добавок. Это также повышает экономическую целесообразность перепрофилирования линий керамзитового гравия под выпуск термолита, при условии наличия подходящих по составу местных опок.

Пуццолановую активность опок Сурско-Маисского месторождения оценивали по величине коэффициента (*K*). Для этого навески опоки и аналогов, взятых для сравнения, растворяли в 10 %-м растворе NaOH. Результаты испытаний показаны на рис. 1 [3].

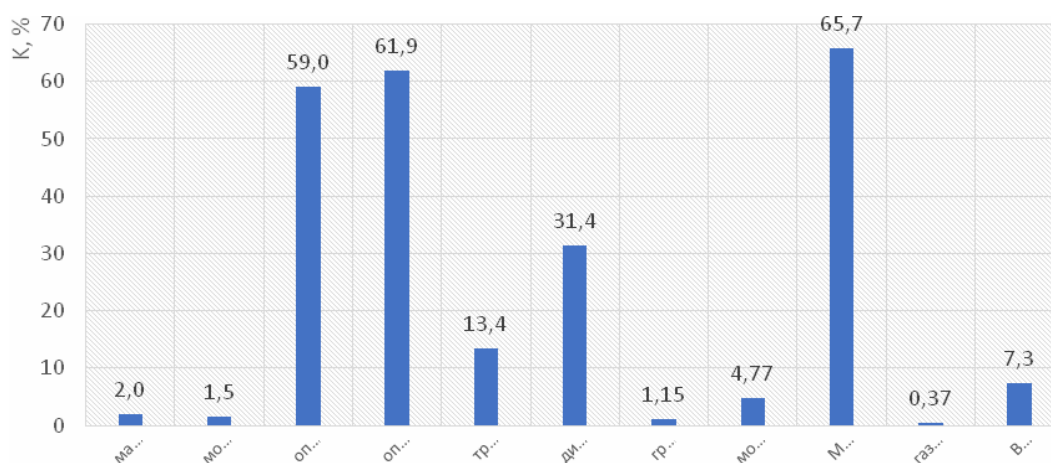


Рис. 1. Результаты определения пуццолановой активности

Согласно экспериментальным данным, опока незначительно (на 6...9 %) уступает микрокремнезёму (МК-85) по показателю пуццолановой активности и превосходит другую часто применяемую добавку – высокоактивный метакаолин (ВМК-45). Далее исследовалась возможность дополнительной термической активации природных опок. Термическую обработку (ТО) производили по двум режимам: № 1 – нагрев в течение 20 минут до $t=620$ °С; изотермическая выдержка – 30 минут; охлаждение – 120 минут; № 2 – нагрев в течение 20 минут до $t=620$ °С; изотермическая выдержка – 30 минут и быстрое охлаждение воздушным потоком. Результаты экспериментов, представленные на рис. 2, показывают, что природные опоки, состоящие преимущественно из аморфного кремнезёма, характеризуются незначительной восприимчивостью к термоактивации. При этом отдельный обжиг серой и желтой опоки не выявил различий в их окраске, что свидетельствует о близком содержании оксидов железа, окисляемых при обжиге (фото 1).

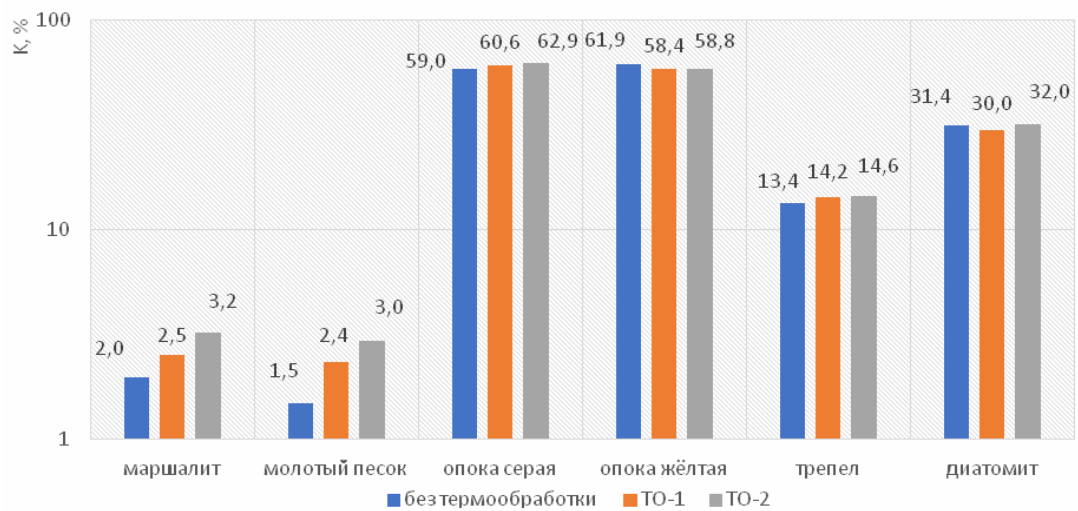


Рис. 2. Влияние термической обработки на пуццолановую активность



Фото 1. Образцы обожженной опоки

Большинство видов термолита характеризуется повышенным водопоглощением. При приготовлении бетонной смеси на таком заполнителе важно знать водопоглощение через первые 10...15 минут, т. к. щебень обезвоживает бетонную смесь, снижая ее подвижность. Результаты экспериментов по влиянию обжига (900 °С) на водопоглощение опоки представлены на рис. 3.

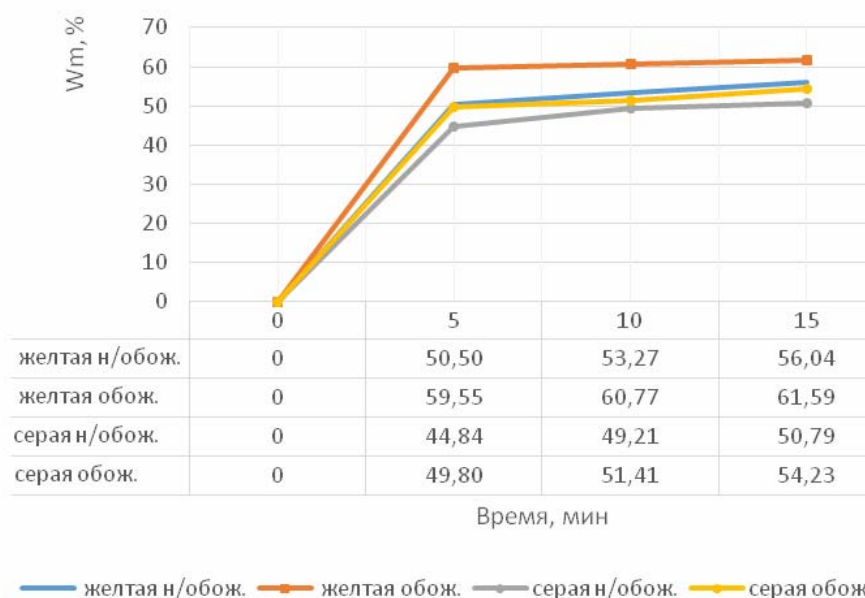


Рис. 3. Влияние обжига на водопоглощение опоки

Из полученных результатов следует, что водопоглощение материала достигает 50...61 % через 15 минут после начала испытаний. Это свидетельствует о значитель-

ном количестве сообщающихся пор, легко заполняемых водой. Приведенные данные также показывают, что в результате термического воздействия при температуре 900 °С показатель водопоглощения природных опок увеличивается. Это изменение обусловлено превалярованием процесса растрескивания материала над формированием расплавленных, кольматирующих водопроводящие поверхностные дефекты. Таким образом, формирование микротрещин за счет полиморфных превращений кварца при нагреве обуславливает ускоренное проникновение воды по структуре обожженной опки.

Высокое водопоглощение ухудшает качество заполнителя для конструкционного бетона, поскольку приводит к необходимости увеличения В/Ц-отношения. Поэтому на следующей стадии были проведены исследования, направленные на выработку эффективных способов снижения показателя W_m .

Эксперимент 1. Способ заключался в нанесении на поверхность частиц опки дополнительных слоев из материалов, способных образовывать при обжиге водонепроницаемое стекловидное покрытие.

В качестве модификаторов поверхности использовали легкоплавкую глину, бой тарного стекла ($S_{уд}=2000 \text{ см}^2/\text{г}$, $d_{ч}=12,63 \text{ мкм}$), едкий натрий, натриевое жидкое стекло (силикатный модуль 2,99, $\rho=1,451 \text{ г/см}^3$).

Опка обрабатывалась следующим образом. Сначала приготавливали суспензию, состоящую из воды, тарного стекла и глины (10:5:1 масс.). Затем частицы опки помещали в суспензию на 15 минут, а после извлечения – подсушивали в комнатно-сухих условиях в течение суток. Модифицированную таким образом опку обжигали в муфельной печи при температуре 850 °С в течение 20 мин. Как показали результаты последующих испытаний, проведенная обработка не привела к заметному снижению водопоглощения, что вызвало необходимость продолжения поиска эффективных способов модификации термолита.

Эксперимент 2. На первом этапе (рис. 4, кривая №2,а) увеличили степень наполнения водной суспензии частицами твердой фазы. Состав суспензии характеризовался соотношением (по мас.) «вода:тарное стекло:глина=3:3:1». На втором этапе (рис. 4, кривая №2,б) изменение коснулось способа нанесения стеклянного порошка на поверхность опки. Для повышения вязкости суспензии количество вводимой глины увеличили до соотношения 1:1. Материал помещали на 2 мин в полученную суспензию, а после его извлечения производили опудривание поверхности порошком стекла в количестве 15 % от массы нанесенного слоя. Через 24 часа выдержки опки при комнатной температуре ее обжигали при температуре 850 °С.

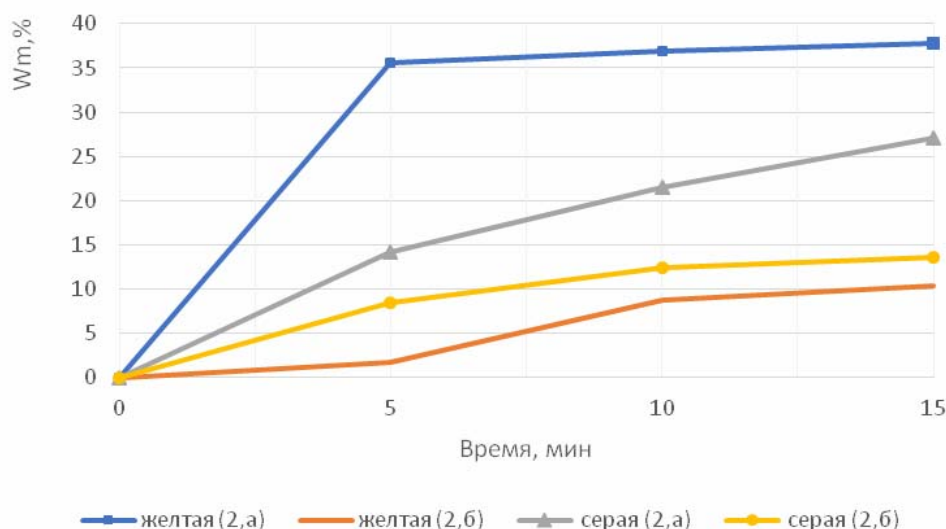


Рис. 4. Влияние способа модификации поверхности на водопоглощение опки

Анализ данных показывает существенное уменьшение водопоглощения при увеличении степени наполнения водной суспензии, применяемой для обработки опки, частицами глины и стекла. При этом большую эффективность показал способ, при

котором отдельно производится нанесение клеящего слоя из глины и его покрытие стеклянными частицами путем опудривания. Желтая опока показывает лучшую восприимчивость к данному способу модификации (№2, б): ее водопоглощение снизилось до 10,3 % (для серой разновидности аналогичное изменение составило 13,6 %). Причина может заключаться в степени выветренности и более сложном химическом составе желтой опоки, что способствует понижению температуры спекания керамических масс.

Эксперимент 3. В эксперименте использовалась желтая опока в сочетании с модификаторами в виде соединений натрия (NaOH и Na₂SiO₃). Предполагалось, что щелочная активация поверхности опоки за счет протекания реакции образования метасиликата натрия повысит скорость протекания стеклоформирующих процессов при обжиге модифицированного термолита:



Для повышения гидролитического класса стекла и водостойкости образующегося покрытия дополнительно производили опудривание стеклянным порошком или воздушной известью. Во втором случае количество CaO подбиралось по диаграмме состояния системы Na₂O–CaO–SiO₂. Технология получения материала сводилась к следующим этапам. Сначала опоку помещали в жидкое стекло на 30 минут, после чего одну навеску опудривали стеклом, а вторую – CaO. Обжиг подготовленных таким образом частиц производили при температуре 850 °С. В случае NaOH опоку помещали в раствор гидроксида натрия на 24 часа, после чего навеску обрабатывали аналогичным способом. Рецептуры пропиточных составов и показатели свойств модифицированного термолита приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Рецептуры пропиточных составов и показатели свойств термолита

Номер состава	Содержание, % масс.					Показатели свойств		
	Na ₂ SiO ₃	NaOH	CaO	тарное стекло	вода	ρ _{нас.3} кг/м ³	ρ _{м.3} кг/м ³	Марка по дробимости
3а	84,72			15,28		610	1104	300
3б	82,43		17,57			850	1020	600
3в		21,48		19,53	58,98	615	1130	400
3г		20,68	22,56		56,77	830	1041	300

Согласно полученным результатам, применение двухкомпонентного модификатора (CaO+Na₂SiO₃) позволяет получить термолит насыпной плотностью 850 кг/м³ и маркой по дробимости 600. Указанное сочетание свойств допускает использование термолитового щебня в составе легкого конструкционного бетона. Пылевидные фракции, образующиеся в процессе обжига термолита, целесообразно опробовать в качестве структуроформирующей добавки в рецептурах пенобетонов для повышения тепловой защиты зданий [4, 5].

Результаты оценки показателя водопоглощения приведены на рис. 5.

Анализ данных указывает на высокий эффект применения пропиточных составов на основе натрия с целью снижения показателя водопоглощения термолита. При этом пропитка с использованием водного раствора NaOH дает более весомый результат, что доказывает наличие процесса образования метасиликата натрия (1). Вместе с тем, если рассматривать комплекс показателей, то пропитка двухкомпонентным составом, включающим натриевое жидкое стекло и воздушную известь, обеспечивает 2-кратное повышение прочности. Причины наблюдаемого эффекта могут заключаться как в образовании упрочняющей кристаллической фазы анортита, так и в формировании достаточного объема маловязких цементирующих расплавов, заполняющих поверхностные микродефекты опоки.

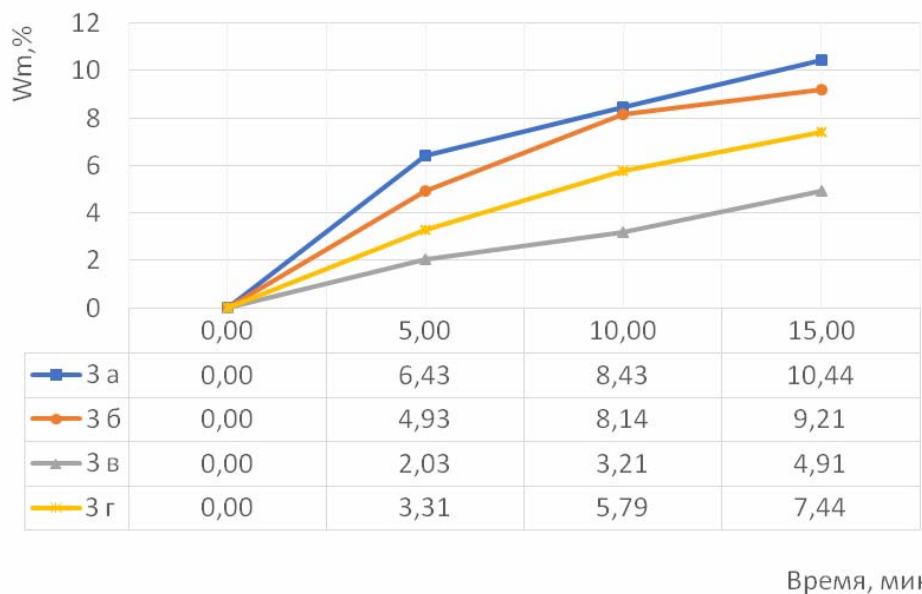


Рис. 5. Влияние рецептур пропиточного состава (табл. 2) на водопоглощение опоки

Выводы. Результаты экспериментов показали целесообразность применения природных опок в качестве основы для получения термолитового заполнителя.

Наиболее перспективные рецептурные решения связаны с использованием эффекта остекловывания поверхности заполнителя при обжиге. С этой целью рекомендуется применять модификаторы на основе NaOH и Na₂SiO₃.

Опока обладает высокой пуццолановой активностью и может рассматриваться в качестве альтернативы дорогостоящему микрокремнезему – современному наполнителю, широко применяемому в производстве высокофункциональных бетонов.

Список литературы

1. Тяпкин, В.А. Получение термолита из опочного гравия и бетона на его основе (Часть 1) / В.А. Тяпкин, В.И.Калашников, И.В. Ерофеева // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 4, ч. 1. – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/04/51697> (дата обращения: 02.05.2024)
2. Тяпкин, В.А. Получение термолита из опочного гравия и бетона на его основе (Часть 2) / В.А.Тяпкин, В.И. Калашников, И.В. Ерофеева // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 4, ч.2. – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/04/51698> (дата обращения: 18.04.2024).
3. Береговой, В.А. Высокофункциональные бетоны для станкостроения с применением нано- и микромасштабных сырьевых компонентов / В.А. Береговой, Е.В. Снадин, А.С. Иноземцев, А.С. Пилипенко // Нанотехнологии в строительстве. – 2023. – Т. 15, № 3. – С. 200–210.
4. Береговой, А.М. Показатели эффективности в системном анализе теплотерь через энергосберегающие наружные ограждения / А.М. Береговой, О.Л. Викторова, В.А. Береговой // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 5(605). – С. 57–61
5. Proshin, A.P. Unautoclaved foam concrete and its constructions adapted to regional conditions / A.P. Proshin, V.A. Beregovoi, A.M. Beregovoi, A.I. Eremkin.//Proceedings of the International Conference on the Use of Foamed Concrete in Construction:2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities, 05–07 июля 2005 года / Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers, University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Newlands M.D., McCarthy A., University of Dundee, Concrete Technology Unit. – Dundee, Scotland, 2005. – P. 113–120.

References

1. Tyapkin, V.A. Obtaining thermolite from gravel and concrete based on it (Part 1) / V.A. Tyapkin, V.I. Kalashnikov, I.V. Erofeeva // Modern scientific research and innovation. – 2015. – No. 4, part 1. – URL: [https://web.snauka.ru / issues/2015/ 04/51697](https://web.snauka.ru/issues/2015/04/51697) (accessed 02.05.2024)
2. Tyapkin, V.A. Obtaining thermolite from gravel and concrete based on it (Part 2) / V.A. Tyapkin, V.I. Kalashnikov, I.V. Erofeeva // Modern scientific research and innovation. – 2015. – No. 4, part 2. – URL: [https://web.snauka.ru/issues/2015 / 04/51698](https://web.snauka.ru/issues/2015/04/51698) (date of issue: 04/18/2024).
3. Beregovoy, V.A. Highly functional concretes for machine tool construction using nano- and micro-scale raw materials / V.A. Beregovoy, E.V. Snadin, A.S. Inozemtsev, A.S. Pilipenko // Nanotechnology in construction. – 2023. – Vol. 15, No. 3. – P. 200–210.
4. Beregovoy, A.M. Efficiency indicators in the system analysis of heat loss through energy-saving external fences / A.M. Beregovoy, O.L. Viktorova, V.A. Beregovoy // Izvestia of higher educational institutions. Construction. – 2009. – № 5(605). – P. 57–61
5. Proshin, A.P. Unautoclaved foam concrete and its constructions adapted to regional conditions / A.P. Proshin, V.A. Beregovoi, A.M. Beregovoi, A.I. Eremkin. // Proceedings of the International Conference on the Use of Foamed Concrete in Construction: 2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities, 05–07 июля 2005 года / Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers, University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Newlands M.D., McCarthy A., University of Dundee, Concrete Technology Unit. – Dundee, Scotland, 2005. – P. 113–120.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Глухов Вячеслав Сергеевич,
кандидат технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Геотехника
и дорожное строительство»
E-mail: gds@pguas.ru

Панкина Мария Вячеславовна,
старший преподаватель кафедры
«Геотехника и дорожное строительство»
E-mail: pankina.mary@mail.ru

Токарев Павел Дмитриевич,
магистрант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Glukhov Vyacheslav Sergeevich,
Candidate of Sciences, Professor,
Head of the Department «Geotechnics and Road
Construction»
E-mail: gds@pguas.ru

Pankina Mariia Viacheslavovna,
Senior lecturer of the Department «Geotechnics
and Road Construction»
E-mail: pankina.mary@mail.ru

Tokarev Pavel Dmitrievich,
Master student

НОВОЕ РЕШЕНИЕ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ

В.С. Глухов, М.В. Панкина, П.Д. Токарев

В качестве ограждения котлована на площадке строительства 18-этажного жилого дома в г. Нижнем Новгороде запроектирована и выполнена подпорная стенка, устраиваемая вдавливанием металлических труб. Грунтовым основанием служат водонасыщенные глинистые грунты. Разработаны и применены трубы переменного сечения с устройством муфты на уровне дна котлована. Принятая технология погружения труб позволила создать уплотненную область грунта перед стенкой в наиболее опасном сечении по прочности трубы как изгибаемого элемента и в месте возможного наибольшего горизонтального перемещения.

Ключевые слова: подпорная стенка, ограждение котлована, технология вдавливания

NEW SOLUTION OF RETAINING WALL

V.S. Glukhov, M.V. Pankina, P.D. Tokarev

A pit fence at the construction site of the 18-storey residential building in Nizhny Novgorod was made as retaining wall by indentation metal pipes. The base is water-saturated clay soils. Pipes have been developed and applied with variable cross-section and a coupling device at the pit bottom. Compacted soil area in front of the wall in the most dangerous section in terms of pipe strength, as a bent element and in the place of the greatest possible horizontal movement was made by the adopted technology.

Keywords: pit fence, retaining wall, indentation technology

Для современного строительства характерным является стремление к освоению подземного пространства на значительную глубину. При этом наиболее сложным считается разработка защитных мероприятий по обеспечению крепления стенок котлована в условиях слабых пылевато-глинистых отложений. Актуальной является задача разработки систем ограждения котлована, обладающих достаточной жесткостью [1–2]. При отрывке котлованов в стесненных условиях часто используют временные металлические шпунтовые стенки, стены в грунте траншейного типа, струйную цементацию, jet-диафрагму, экраны жесткости [3–6].

Проектом 18-этажного жилого дома по ул. Гагарина в г. Нижнем Новгороде с подземной автостоянкой предусмотрен котлован глубиной 7,0 м и площадью 4 400,0 м². Характерной особенностью застройки является наличие слабых водонасыщенных грунтов значительной мощности – до 25,0 м: мягкопластичный суглинок с показателем текучести $I_L = 0,48$ и текучепластичный суглинок с $I_L = 0,9$. Так как

ближайшие здания находятся в пределах 12,0–15,0 м от ограждения стенок котлована, в качестве фундамента здания запроектировано свайное поле из призматических свай, погружаемых по технологии вдавливания [7].

С учетом инженерно-геологических условий площадки строительства авторами для ограждения котлована принят вариант из труб переменного сечения (рис. 1). Стенка высотой 12,0 м выполнена путем вдавливания труб диаметром 530,0 мм с обоймой диаметром 630,0 мм, заглубляемой ниже подошвы дна котлована (рис. 2). Металлические трубы объединяются в жесткую раму путем их сварки между собой обвязочной балкой из швеллеров №20. Примененный подход способствовал уменьшению диаметра труб и длины последних на 2,0–3,0 м, что обусловило существенный экономический эффект.



Рис. 1. Вид подпорной стенки

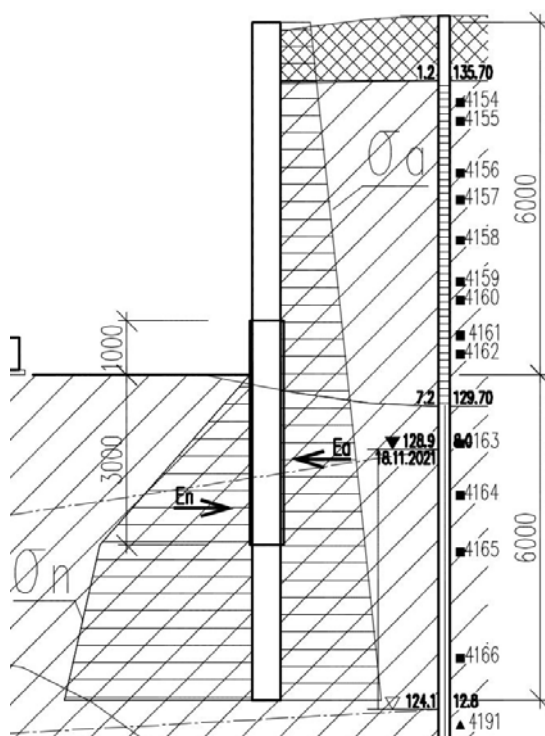


Рис. 2. Расчетная схема подпорной стенки с привязкой инженерно-геологических условий площадки строительства

Технологическая последовательность устройства стенки включает бурение скважин диаметром 600,0 мм до уровня дна котлована и монтаж труб с последующим вдавливанием до проектной отметки. В результате вытеснения грунта при вдавливании вокруг труб формировалась уплотненная область грунта с повышенным сопротивлением горизонтальному перемещению стенки. В целом трубы стенки имеют переменное сечение. На участке основной трубы от 7,0 до 10,0 м размещалась труба диаметром 630,0 мм, выполняющая роль муфты и способствующая повышению сопротивления на изгиб в наиболее нагруженном сечении. Изготовление комбинированной трубы осуществлялось в заводских условиях. Для облегчения погружения нижняя часть трубы выполнена конусом. При устройстве стенки трубы монтировались с шагом 1,0–1,2 м с учетом рельефа площадки строительства.

При проектировании решалась задача обеспечения надежной работы стенки по грунту основания с коэффициентом устойчивости 1,2 на опрокидывание от действия равнодействующей нагрузки E_a активного давления на стенку (рис. 2).

Расчет стенки по грунту основания выполнен как для буровой сваи по приложению Д СП 50-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов». Расчетное значение коэффициента постели c_z грунта на боковой поверхности сваи определяется по формуле

$$c_z = \frac{Kz}{\gamma_{cz}}, \quad (1)$$

где K – коэффициент пропорциональности, кН/м^4 , зависящий от грунта, окружающего сваю; z – глубина расположения сечения сваи в грунте, м, для которой определяют коэффициент постели, по отношению к поверхности грунта при высоком ростверке или к подошве ростверка при низком ростверке; γ_{cz} – коэффициент условий работы.

Расчеты свай по предельным состояниям двух групп следует выполнять с использованием значений приведенной глубины \bar{l} погружения сваи в грунт и приведенной глубины \bar{z} расположения сечения сваи в грунте, вычисляемых при длине $l = 5,5$ м и глубине $z = 1,296$ м:

$$\bar{l} = \alpha_\varepsilon l = 5,5 \cdot 0,656 = 3,607 \text{ м}; \quad (3)$$

$$\bar{z} = \alpha_\varepsilon z = 1,296 \cdot 0,656 = 0,85 \text{ м}; \quad (4)$$

здесь α_ε – коэффициент деформации, м^{-1} , определенный по формуле

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{Kb_p}{EI}}, \quad (5)$$

где b_p – условная ширина сваи, принятая равной:

$$b_p = 1,5d + 0,5 = 1,5 \cdot 0,53 + 0,5 = 1,295 \text{ м}; \quad (6)$$

d – наружный диаметр сваи в плоскости, перпендикулярной действию нагрузки, $d = 0,53$ м; E – модуль упругости стали, $E = 200\,000\,000$ кПа; I – момент инерции трубы 530×6 мм, $I = 0,000339$ м⁴.

Тогда коэффициент деформации по формуле (5) составит

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{6350,0 \cdot 1,295}{200 \cdot 10^6 \cdot 0,00034}} = 0,656 \text{ м}^{-1}.$$

Горизонтальное перемещение U_0 и угол поворота Ψ_0 сваи следует определять, как

$$U_0 = H_0 \varepsilon_{\text{HH}} + M_0 \varepsilon_{\text{HM}}; \quad (7)$$

$$\Psi_0 = H_0 \varepsilon_{\text{HM}} + M_0 \varepsilon_{\text{MM}}, \quad (8)$$

где H_0 и M_0 – расчетные значения соответственно поперечной силы, кН, и изгибающего момента, кН·м; ϵ_{HH} – горизонтальное перемещение сечения от силы $H_0 = 1$:

$$\epsilon_{HH} = \frac{1}{\alpha_\epsilon^3 EI} A_0 = \frac{2,502}{0,656^3 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0,00034} = 13,085 \cdot 10^{-5}; \quad (9)$$

ϵ_{HM} – горизонтальное перемещение сечения от момента $M_0 = 1$; ϵ_{MH} – угол поворота сечения от силы $H_0 = 1$:

$$\epsilon_{MH} = \epsilon_{HM} = \frac{1}{\alpha_\epsilon^2 EI} B_0 = \frac{1,641}{0,656^2 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0,00034} = 5,628 \cdot 10^{-5}; \quad (10)$$

ϵ_{MM} – угол поворота сечения, 1/(кН·м), от момента $M_0 = 1$:

$$\epsilon_{MM} = \frac{1}{\alpha_\epsilon EI} C_0 = \frac{1,757}{0,656 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0,00034} = 3,952 \cdot 10^{-5}; \quad (11)$$

здесь A_0 , B_0 , C_0 – безразмерные коэффициенты, принятые в зависимости от приведенной глубины \bar{l} заложения свай в грунте.

Тогда горизонтальное перемещение и угол поворота сваи по формулам (7) и (8) составят

$$U_0 = 120,0 \cdot 13,085 \cdot 10^{-5} + 240,0 \cdot 5,628 \cdot 10^{-5} = 0,0292 \text{ м} = 29,2 \text{ мм};$$

$$\Psi_0 = 120,0 \cdot 3,952 \cdot 10^{-5} + 240,0 \cdot 5,628 \cdot 10^{-5} = 0,01624 \text{ рад} = 0,93^\circ.$$

Расчет устойчивости основания, окружающего сваю, производится по условию ограничения расчетного давления σ_z , оказываемого на грунт боковыми поверхностями свай:

$$\sigma_z \leq \eta_1 \eta_2 \frac{4}{\cos \varphi} (\gamma_I z \operatorname{tg} \varphi + \xi c), \quad (12)$$

где η_1 – коэффициент, равный единице; γ_I – расчетный удельный вес грунта ненарушенной структуры, определяемый в водонасыщенных грунтах с учетом взвешивания в воде, $\gamma_I = 10,0$ кН/м³; φ_I и c_I – расчетные значения соответственно угла внутреннего трения грунта и удельного сцепления грунта, $\varphi_I = 11,0^\circ$; $c_I = 46,0$ кПа; ξ – коэффициент, принимаемый $\xi = 0,6$ при забивных сваях и сваях-оболочках; η_2 – коэффициент, вычисляемый по формуле

$$\eta_2 = \frac{M_c + M_t}{\bar{n} M_c + M_t} = \frac{0 + 240,0}{0,4 \cdot 0 + 240,0} = 1,0; \quad (13)$$

здесь M_c – момент от внешних постоянных расчетных нагрузок в сечении фундамента на уровне нижних концов свай, $M_c = 240,0$ кН·м; M_t – то же от внешних временных расчетных нагрузок, $M_t = 0$; \bar{n} – коэффициент, принимаемый для фундаментов с однорядным расположением свай $\bar{n} = 4$.

Расчетное давление σ_z на грунт по контакту с боковой поверхностью сваи, возникающее на глубине z , следует определять по формуле

$$\sigma_z = \frac{K}{\alpha_\epsilon} \bar{z} \left(U_0 A_1 - \frac{\Psi_0}{\alpha_\epsilon} B_1 + \frac{M_0}{\alpha_\epsilon^2 EI} C_1 + \frac{H_0}{\alpha_\epsilon^3 EI} D_1 \right); \quad (14)$$

здесь коэффициенты A_1 , B_1 , C_1 , D_1 принимаются по таблице Д3 СП 50-102-2003 в зависимости от приведенной глубины \bar{z} расположения сечения в грунте.

$$\sigma_z = \frac{6350}{0,655} \cdot 1,29 \cdot \left(\frac{0,29 \cdot 0,996 - \frac{0,016 \cdot 0,849}{0,655} + \frac{240,0 \cdot 0,3625}{0,655^2 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0,000339}}{+ \frac{120,0 \cdot 0,103}{0,655^3 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0,000339}} \right) = 66,4 \text{ кПа.}$$

Условие устойчивости основания выполняется:

$$\sigma_z = 66,4 \text{ кПа} < 1,0 \cdot 1,0 \frac{4}{0,981} (10,0 \cdot 1,296 \cdot 0,194 + 0,3 \cdot 46,0) = 66,5 \text{ кПа} .$$

Перемещение в уровне верха шпунта от деформации грунта составит

$$U_{\text{верх}} = U_0 + L \sin \varphi_0 = 29,2 + 5 \cdot 500 \cdot 0,0162 = 118,5 \text{ мм.} \quad (15)$$

Смещения верха не более принятых в проекте 1/25 длины шпунта: $5 \cdot 500 / 25 = 220$ мм. Таким образом, нормальное положение шпунта обеспечивается.

Применение технологии вдавливания при устройстве стенки и труб переменного сечения с увеличением за счет муфты диаметра в наиболее нагруженном сечении способствовало уменьшению расхода труб порядка на 110,0 тн, уменьшению общей длины последних и снижению сметной стоимости на 9 500,0 тыс. руб. Устройство стенки завершено в июне 2023 г.

Список литературы

1. Мангушев, Р.А. Технологические осадки окружающей застройки при устройстве ограждений глубоких котлованов / Р.А. Мангушев, Н.С. Никифорова // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2023. – № 1. – С. 7–12.
2. Чунюк, Д.Ю. Эффективность применения некоторых видов защитных конструктивных мероприятий при разработке котлована / Д.Ю. Чунюк, В.С. Гришин // Жилищное строительство. – 2023. – № 5. – С. 35–41.
3. Мангушев, Р.А. Учет влияния технологических осадок зданий окружающей застройки при устройстве шпунтовых ограждений соседних котлованов / Р.А. Мангушев, А.В. Гурский, В.М. Полуниин // Жилищное строительство. – 2020. – № 9. – С. 9–19.
4. Мангушев, Р.А. Влияние технологического воздействия изготовления горизонтальной диафрагмы методом jet-grouting на ограждение котлована типа «стена в грунте» / Р.А. Мангушев, О.О. Денисова // Жилищное строительство. – 2022. – № 9. – С. 25–31.
5. Шулятьев, О.А. Экспериментальные и численные исследования изменения напряженно-деформированного состояния грунтового массива при устройстве стены в грунте траншейного типа / О.А. Шулятьев, Д.К. Минаков // Вестник НИЦ Строительство. – 2018. – № 2(17). – С. 118–135.
6. Бартоломей, И.Л. Опыт использования ограждения котлована, выполняемого по технологии струйной цементации, как несъемной опалубки с демонтируемым металлическим обвязочным поясом / И.Л. Бартоломей, А.А. Жемчугов, К.С. Ядовина // Использование современных моделей в механике грунтов, геотехнических расчетах и фундаментостроении: мат. 2-й Международ. научно-технич. конф. памяти проф. Д.М. Шапиро, Воронеж. – Воронеж: ВГТУ, 2023. – С. 127–128.
7. Глухов, В.С. Несущая способность свай при погружении вдавливанием / В.С. Глухов, О.В. Хрянина, Ю.Р. Янгуразов, К.О. Волков // Региональная архитектура и строительство. – 2024. – №3(60). – С. 105–115.

References

1. Mangushev, R.A. Technological settlements of the surrounding buildings during the construction of deep pit fences / R.A. Mangushev, N.S. Nikiforova // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2023. – № 1. – P. 7–12.

-
2. Chunyuk, D.Yu. The effectiveness of the use of certain types of protective constructive measures in the development of the pit / D.Yu. Chunyuk V.S. Grishin // Housing construction. – 2023. – № 5. – P. 35–41.
 3. Mangushev, R.A Taking into account the influence of technological precipitation of buildings of the surrounding development when installing sheet piling fences of neighboring ditches / R.A. Mangushev, A.V. Gurskiy, V.M. Polunin // Housing construction. – 2020. – № 9. – P. 9–19.
 4. Mangushev, R.A The effect of the technological impact of the manufacture of a horizontal diaphragm by jet-grouting on the enclosure of a pit of the “wall in the ground” type / R.A. Mangushev, O.O. Denisova // Housing construction. – 2022. – № 9. – P. 25–31.
 5. Shulyatyev, O.A. Experimental and numerical studies of changes in the stress-strain state of a soil mass during the construction of a slurry wall / O.A. Shulyatyev, D.K. Minakov // Bulletin of the SRI Construction. – 2018. – № 2(17). – P. 118–135.
 6. Bartolomey, I.L. The experience of using the pit fence, made by jet cementation technology, as a non-removable formwork with a removable metal binding belt / I.L. Bartolomey, A.A. Zhemchugov, K.S. Yadovina // The use of modern models in soil mechanics, geotechnical calculations and foundation engineering: proceedings of the 2nd International Scientific and Technical Conference in Memory of Prof. D.M. Shapiro, Voronezh. – Voronezh: VSTU, 2023. – P. 127–128.
 7. Glukhov, V.S. Bearing capacity of piles when immersed by indentation / V.S. Glukhov, O.V. Khryanina, Yu. R. Yangurazov, K.O. Volkov // Regional architecture and engineering. – 2024. – № 3(60). – P. 105–115.

Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II

Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, В.О.,
линия 21-я, д.2

Калошина Светлана Валентиновна,
доцент кафедры «Промышленное
и гражданское строительство»
E-mail: kaloshina82@mail.ru

Комшин Андрей Алексеевич,
студент
E-mail: akomshin@bk.ru

Saint-Petersburg Mining University

Russia, 199106, Saint-Petersburg, V.O., 2,
21 Line St.

Kaloshina Svetlana Valentinovna,
Associate Professor of the Department «Civil
Engineering»
E-mail: kaloshina82@mail.ru

Komshin Andrei Alekseevich,
Student
E-mail: akomshin@bk.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ГРУНТОВ

С.В. Калошина, А.А. Комшин

В настоящее время большое число зданий и сооружений различного назначения возводится на участках, сложенных неустойчивыми грунтами. Использование их как оснований в естественном состоянии невозможно, поэтому возникает необходимость искусственного улучшения строительных свойств слабых грунтов. Учёные, выполняющие исследования в данной области, обращают внимание на возможность использования в качестве армирующих добавок волокон, полученных из промышленных и твёрдых бытовых отходов.

Рассмотрены исследования эффективности применения отходов промышленности, а также ТБО, в геотехнике. Выделены малоизученные вопросы и возможные направления будущих исследований.

Ключевые слова: закрепление грунта, несущая способность, свойства грунта, промышленные отходы, армирующие волокна

USING OF SOLID WASTES FOR IMPROVING OF WEAK SOILS PROPERTIES

S.V. Kaloshina, A.A. Komshin

Nowadays, a big amount of buildings and structures are being erected on the areas with weak soils occurred. Using of weak soils as foundations in its natural state is impossible, so there is a necessity in soft ground stabilization. Scientists notice the possibility of using a fiber as reinforce additives, which are produced from industrial and solid wastes.

The researches results of the efficiency of industrial and solid wastes reutilization to improve the behaviors of weak soils have been considered in this paper. The least studied issues and possible areas of the future investigations are defined.

Keywords: strip foundation, bearing capacity, soil properties, industrial waste, reinforcing fibers

В последние годы наблюдается рост объемов строительства зданий и сооружений различного функционального назначения на территориях, сложенных так называемыми слабыми грунтами. Новые объекты возводятся на участках, которые ранее считались непригодными для строительства. Использование слабых грунтов в естественном состоянии как оснований невозможно, поэтому необходимо предпринимать меры по искусственному улучшению их свойств [1–3].

Постоянный рост населения и объёмов промышленного производства приводят к увеличению количества производимых твердых отходов. Многим исследователям видится перспективной возможность использования промышленных и бытовых отходов в виде волокон или химических добавок для укрепления грунтов оснований

[5]. Учитывая, что это позволит сократить количество антропогенных отходов, данное направление представляет особый интерес [4, 5].

Под промышленными отходами понимают любые материалы, полученные в процессе производства, которые не могут быть применены в дальнейшем. Большое распространение в геотехнике получают побочные продукты металлургической промышленности.

Ковшовый шлак – один из таких продуктов, по сравнению с прочими меньше всего подвергающийся переработке и повторному использованию. В статье Espinosa A.V. [6] отражены результаты лабораторных испытаний образцов глинистого грунта, содержащих 5 % ковшового шлака (включает в себя силикаты, алюминаты кальция и магния), в сравнении с образцами, включающими 2 % извести (см. таблицу).

Результаты исследований

Ссылка	Наименование грунта	Добавка, содержание	Проведенные испытания	Эффект от включения добавки
1	2	3	4	5
Espinosa A.V. [6]	Глинистый	Ковшовый шлак (5 % от пробы грунта), известь (2 % от пробы грунта)	Испытания на уплотнение, на сдвиг и одноосное сжатие	Возрастание прочности на сжатие, предела пластичности и предела текучести. Снижение числа пластичности. У образцов с включением шлака прочность на сжатие выше и достигается спустя 90 суток периода затвердения из-за более долгого протекания химических реакций. Несущая способность содержащего известь образца оказалась выше
Shriful I. и др. [7]	Глинистый	Измельченный строительный мусор (CDW) (10; 20; 30; 40 %)	Стабилометрические испытания, на одноосное сжатие, на сдвиг	С увеличением процентного содержания добавки снижаются предел текучести и предел пластичности. Также значительно снижается осадка грунта – до 30 % относительно показателей исходного образца грунта
Rocha-de Albuquerque P.J., León-Mogrovejo D.R. [8]	Глинистый, песчаный	Волокна многослойной натуральной крафт-бумаги (5; 10; 15 %)	Испытания на уплотнение, на сдвиг, на одноосное сжатие	Улучшение свойств грунтов, в частности прочности на сдвиг, из-за увеличения внутреннего угла трения. Повышение сопротивления одноосному сжатию

1	2	3	4	5
				Наилучший результат для песчаного грунта показал образец с 10 % добавки, для глинистого грунта оптимальная дозировка составила 5 %
Кооhmishi M. и Palassi M. [9]	Глинистый	Полиэтилен-терефталатные (ПЭТ) волокна (0,5; 1; 1,5; 2; 3; 5; 10 %)	Испытания на сжатие, на воздействие точечной нагрузки и ударной нагрузки	Целесообразнее применение ПЭТ-волокна в виде полос в количестве 2 %. Внедрение большего количества частиц негативно влияет на прочностные показатели грунта из-за чрезмерной пластичности образца
Said S. и Rahhal M.E. [10]	Песчаный	Синтетические волокна, полученные при измельчении медицинских масок (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 %)	Испытания на сжатие, на сдвиг	Повышение пластичности и прочности грунта. Наилучшее сопротивление сдвигу наблюдается при содержании фибры от 0,1 до 0,25 %. Необходимое содержание фибры следует определять в каждом конкретном случае, исходя из предстоящего применения земляного сооружения

Применение находят отходы других отраслей, например строительства. При выполнении общестроительных и демонтажных работ создается множество строительного мусора, отходов различных материалов: металла, бетона, дерева, штучных материалов, пластика и пр. Исследователи отмечают, что измельченный до состояния порошка строительный мусор является эффективной добавкой для улучшения геотехнических свойств грунта [5, 7].

Shriful I. и др. в публикации [7] отразили результаты испытания пяти образцов: грунта в естественном состоянии и с разным содержанием (10; 20; 30; 40 %) добавки – строительного мусора, взятого на месте сноса здания и измельченного до получения частиц размером от 0,002 мм до 0,06 мм (см. таблицу).

Возможно использование волокон крафт-бумаги – распространённого в строительстве и в других областях промышленности упаковочного материала [8]. Для эксперимента авторы статьи [8] отобрали волокна многослойной натуральной крафт-бумаги различного размера, которые в произвольном порядке распределили в образцах песчаного и глинистого грунта (см. таблицу).

Отходы пластика составляют значительную часть от общего мирового объёма ТБО. Большая часть из них не находит вторичного применения, а утилизируется на открытых полигонах ТБО. Рассматривая возможность внедрения отходов пластика в строительстве, можно привести в качестве примера использование утилизированной

полиэтилентерефталатной (ПЭТ) тары [9]. Иранские учёные Koohmishi M. и Palassi M. из Университета Боджнурда рассмотрели такую возможность на примере образцов глинистого слабого грунта. Армирующие волокна в виде полос и гранул получены путем измельчения ПЭТ-бутылок (см. таблицу).

Индивидуальные средства защиты, повсеместно использовавшиеся в период пандемии COVID-19, стали беспрецедентным источником загрязнения окружающей среды [10]. Исходя из того, что основные компоненты, из которых производятся медицинские маски, – это разного рода синтетические волокна, существует возможность их применения в геотехнике для усиления деформативных грунтов [5, 10]. В этом направлении проводили исследования сотрудники Университета Святого Иосифа (г. Бейрут, Ливан) Said S. и Rahhal M.E. Были проведены испытания проб песчаного грунта; для получения тонких и прямоугольных волокон были освобождены от включений и измельчены медицинские маски (см. таблицу).

Можно утверждать, что во всех рассмотренных случаях внедрение добавок приводит к улучшению строительных свойств грунтов. Использование промышленных и бытовых отходов обеспечивает выгоду благодаря экономии на промышленном изготовлении армирующих добавок. Также это влечёт за собой снижение выбросов, например углекислого газа, присущих производству традиционных добавок для закрепления грунтов, таких, как известь и цемент [5, 6]. Вкупе с экономической выгодой это говорит об эффективности внедрения полученных из ТБО добавок в геотехническую практику.

Существует ряд малоизученных вопросов, которые предстоит рассмотреть для достижения максимальной выгоды от использования волокон из отходов [5, 6]. Прежде всего речь идёт о поиске оптимального соотношения армирующих добавок и методики подбора состава армогрунта в зависимости от назначения земляного сооружения [5, 8, 11]. Также при планировании будущих исследований следует обратить внимание на анализ применимости отходов местных предприятий в качестве армирующих добавок. Это актуально в условиях Санкт-Петербурга и Ленинградской области, так как существенную часть в структуре экономики субъектов занимает промышленное производство.

Список литературы

1. Ponomarev, A.B. Reinforcing earth foundations with geosynthetic materials / A.B. Ponomarev, T.V. Ivanova // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 457. – 02037.
2. Komolov, V. Research on Load-Bearing Constructions Behavior During Pit Excavation Under «Slurry Wall» Protection / V. Komolov, A. Belikov, P.A. Demenkov // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2022. – Vol. 180.
3. Trushko, O.V. Arrangement of Multistory Underground Parking Garages in Complex Engineering and Geological Environment / O.V. Trushko, V.L. Trushko, P.A. Demenkov // International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences. – 2020. – Vol. 5, no 5. – P. 897–912.
4. Торопова, Ю.А. Анализ применения фиброармированного грунта в качестве грунтового основания / Ю.А. Торопова, А.Б. Пономарев // Использование современных моделей в механике грунтов, геотехнических расчетах и фундаментостроении: материалы 2-й международной научно-технической конференции памяти профессора Д.М. Шапиро, Воронеж, 16-18 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 66–73.
5. Liu, CH. Reutilization of solid wastes to improve the hydromechanical and mechanical behaviors of soils — a state-of-the-art review / CH. Liu, C. Hung // Sustainable Environment Research. – 2023. – Vol. 33.
6. Espinosa, A.B. Strength performance of low-bearing-capacity clayey soils stabilized with ladle furnace slag / A.B. Espinosa, V. Revilla-Cuesta, M. Skaf, R. Serrano-López, V. Ortega-López // Environmental Science and Pollution Research. – 2023. – Vol. 30. – P. 101317–101342.

7. Shriful, I. Improvement of consolidation properties of clay soil using fine-grained construction and demolition waste / I. Shriful, I. Junaidul, N.M.R. Hoque // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, no 10. – 11029.
8. Rocha-de Albuquerque, P.J. A Laboratory Investigation on a Mechanical Behavior of Sandy and Clayey Soils with Kraft Paper Fiber / P.J. Rocha-de Albuquerque, D.R. León-Mogrovejo // *Transportation Infrastructure Geotechnology*. – 2021. – Vol. 8. – P. 12–36.
9. Koohmishi, M. Mechanical Properties of Clayey Soil Reinforced with PET Considering the Influence of Lime-Stabilization / M. Koohmishi, M. Palassi // *Transportation Geotechnics*. – 2022. – Vol. 33. – 100726.
10. Said, S. Improving the compaction properties and shear resistance of a sand reinforced with COVID-19 waste mask fibers / S. Said, M.E. Rahhal // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, no 12. – 12129.
11. Ponomaryov, A.B. Geotechnical Monitoring in the Urban Construction Environment / A.B. Ponomaryov, A.V. Zakharov, D.A. Tatyannikov, E.A. Shalamova // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. – 2023. – Vol. 60. – P. 452–458.

References

1. Ponomarev, A.B. Reinforcing earth foundations with geosynthetic materials / A.B. Ponomarev, T.V. Ivanova // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – Vol. 457. – 02037.
2. Komolov, V. Research on Load-Bearing Constructions Behavior During Pit Excavation Under «Slurry Wall» Protection / V. Komolov, A. Belikov, P.A. Demenkov // *Lecture Notes in Civil Engineering*. – 2022. – Vol. 180.
3. Trushko, O.V. Arrangement of Multistory Underground Parking Garages in Complex Engineering and Geological Environment / O.V. Trushko, V.L. Trushko, P.A. Demenkov // *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. – 2020. – Vol. 5, no 5. – P. 897–912.
4. Toropova, Yu.A. Analysis of the use of fibro-reinforced soil as a soil base / Yu.A. Toropova, A.B. Ponomarev // *The use of modern models in soil mechanics, geotechnical calculations and foundation engineering: Materials of the 2nd International Scientific and Technical Conference in memory of Professor D.M. Shapiro, Voronezh, October 16–18, 2023*. – Voronezh: Voronezh State Technical University, 2023. – P. 66–73.
5. Liu, CH. Reutilization of solid wastes to improve the hydromechanical and mechanical behaviors of soils — a state-of-the-art review / CH. Liu, C. Hung // *Sustainable Environment Research*. – 2023. – Vol. 33.
6. Espinosa, A.B. Strength performance of low-bearing-capacity clayey soils stabilized with ladle furnace slag / A.B. Espinosa, V. Revilla-Cuesta, M. Skaf, R. Serrano-López, V. Ortega-López // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2023. – Vol. 30. – P. 101317–101342.
7. Shriful, I. Improvement of consolidation properties of clay soil using fine-grained construction and demolition waste / I. Shriful, I. Junaidul, N.M.R. Hoque // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, no 10. – 11029.
8. Rocha-de Albuquerque, P.J. A Laboratory Investigation on a Mechanical Behavior of Sandy and Clayey Soils with Kraft Paper Fiber / P.J. Rocha-de Albuquerque, D.R. León-Mogrovejo // *Transportation Infrastructure Geotechnology*. – 2021. – Vol. 8. – P. 12–36.
9. Koohmishi, M. Mechanical Properties of Clayey Soil Reinforced with PET Considering the Influence of Lime-Stabilization / M. Koohmishi, M. Palassi // *Transportation Geotechnics*. – 2022. – Vol. 33. – 100726.
10. Said, S. Improving the compaction properties and shear resistance of a sand reinforced with COVID-19 waste mask fibers / S. Said, M.E. Rahhal // *Heliyon*. – 2022. – Vol. 8, no 12. – 12129.
11. Ponomaryov, A.B. Geotechnical Monitoring in the Urban Construction Environment / A.B. Ponomaryov, A.V. Zakharov, D.A. Tatyannikov, E.A. Shalamova // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. – 2023. – Vol. 60. – P. 452–458.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Коровкин Марк Олимпиевич,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технологии строительных
материалов и деревообработки»
E-mail: m_korovkin@mai.ru

Ерошкина Надежда Александровна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технологии строительных
материалов и деревообработки»

Шестернин Александр Игоревич,
аспирант
E-mail: psm31@rambler.ru

Зенкин Владимир Владимирович,
студент
E-mail: vv_zenkin@mail.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Korovkin Mark Olympievich,
Candidate of Sciences, Associate Professor
of the department «Building Materials and
Woodworking Technology»
E-mail: m_korovkin@mai.ru

Eroshkina Nadezhda Aleksandrovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor
of the department «Building Materials and
Woodworking Technology»

Shesternin Aleksander Igorevich,
Graduate student
E-mail: psm31@rambler.ru

Zenkin Vladimir Vladimirovich,
Student
E-mail: vv_zenkin@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ОТХОДОВ СНОСА В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА

М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина, А.И. Шестернин, В.В. Зенкин

Проведены исследования переработанных отходов сноса в качестве вторичного заполнителя для бетона. Показано, что кирпичный бой нецелесообразно утилизировать в качестве вторичного заполнителя, а лучше использовать для производства минеральной добавки. Установлено, что вторичный щебень, полученный из бетонного лома, имеет высокую водопотребность, что приводит к значительному снижению прочности бетона при замене им гранитного заполнителя.

Ключевые слова: отходы сноса, бетонный лом, кирпичный бой, рециклинг, вторичный щебень, минеральная добавка

THE RESEARCH OF RECYCLED DEMOLITION WASTE AS A RAW MATERIAL FOR CONCRETE PRODUCTION

М.О. Korovkin, N.A. Eroshkina, A.I. Shesternin, V.V. Zenkin

Studies of recycled demolition waste as a secondary aggregate for concrete have been conducted. It is shown that it is advisable to dispose of the brick fight not as a secondary filler, but to use it for the production of a mineral additive. It has been established that the secondary crushed stone obtained from concrete scrap has a high water demand, which leads to a significant decrease in the strength of concrete when replacing granite aggregate with it.

Keywords: demolition waste, concrete scrap, brick fight, recycling, secondary crushed stone, mineral additive

Актуальность проблемы утилизации отходов строительной деятельности с каждым годом возрастает [1]. Это обусловлено ростом объемов строительства, сноса аварийных зданий, особенно в крупных городах, и рекультивацией несанкционированных свалок.

Значительную долю отходов сноса и производства строительных материалов и изделий составляют бетонный лом и кирпичный бой [2], причем объемы бетонных отходов, образующихся при сносе зданий и сооружений, в ближайшем будущем возрастут в связи с кратным увеличением производства железобетонных конструкций, которое произошло за последние 60-70 лет.

Наиболее перспективное направление утилизации бетонного лома и кирпичного боя – их переработка для получения крупного заполнителя и минеральных добавок для производства бетона [3, 4]. Однако существующие технологические и организационные проблемы не позволяют наладить эффективное производство качественных вторичных заполнителей для бетона. В связи с этим основными областями применения щебня из бетонного лома являются подстилающие слои подъездных и малонапряженных дорог, устройство основания или покрытия пешеходных дорожек, автостоянок, а также производство низкопрочных бетонов [5]. В то же время имеются примеры успешного использования бетонного лома в технологии бетона общестроительного назначения [6].

Основной причиной низких характеристик вторичного щебня из бетонного лома является наличие в его составе цементного камня [5]. Этот компонент дробленого бетона характеризуется во много раз более высокой пористостью, чем пористость природного заполнителя. В связи с этим вторичный щебень из бетонного лома имеет низкую прочность и высокую водопотребность.

Рециклинговый щебень, получаемый при дроблении кирпичного боя, по данным [6], может соответствовать марке по дробимости 300. Однако, с учетом того что в массовом строительстве обычно использовался керамический кирпич с маркой не более 100, применение кирпичного боя для производства крупного заполнителя конструкционного бетона неоправданно.

Другой причиной низкой прочности рециклингового заполнителя, получаемого из отходов сноса, является частичное морозное или коррозионное разрушение бетона и кирпича в конструкциях зданий и сооружений (рис. 1).

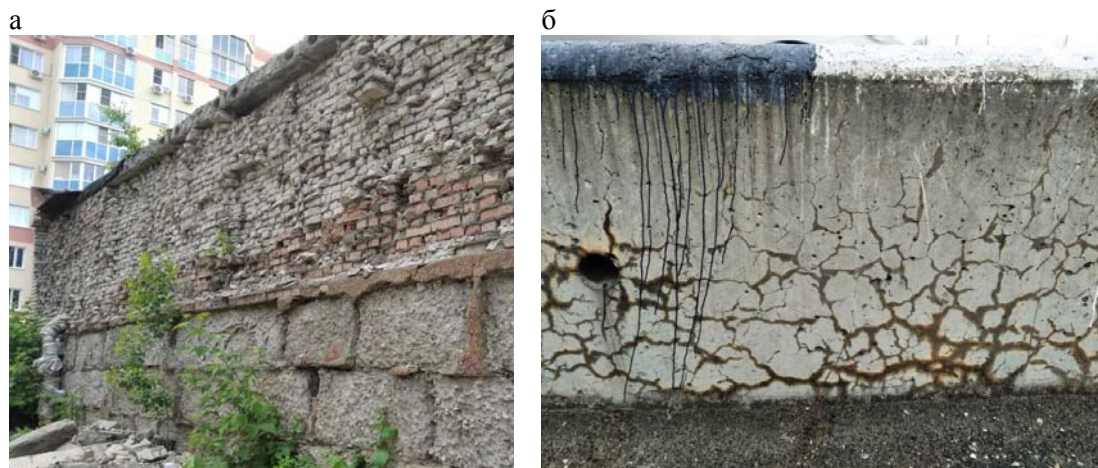


Рис. 1. Морозное разрушение кирпича и бетона (а), коррозионное растрескивание мостовой конструкции в результате щелочесиликатной коррозии (б)

Исследованные в качестве крупного заполнителя продукты дробления образцов кирпичного боя из отходов сноса зданий в г. Пензе, построенных в конце XIX и начале XX века (рис. 2), показали очень низкие характеристики – прочность только 2 из 6 проб соответствовала минимальной марке щебня по дробимости – 200. Бетон, изготовленный с применением такого заполнителя фр. 5-10 мм, имел после тепловлажностной обработки прочность почти в 2 раза ниже, чем прочность бетона на гранитном щебне. В связи с этим были признаны нецелесообразными дальнейшие исследования применения кирпичного боя в качестве крупного заполнителя бетона.

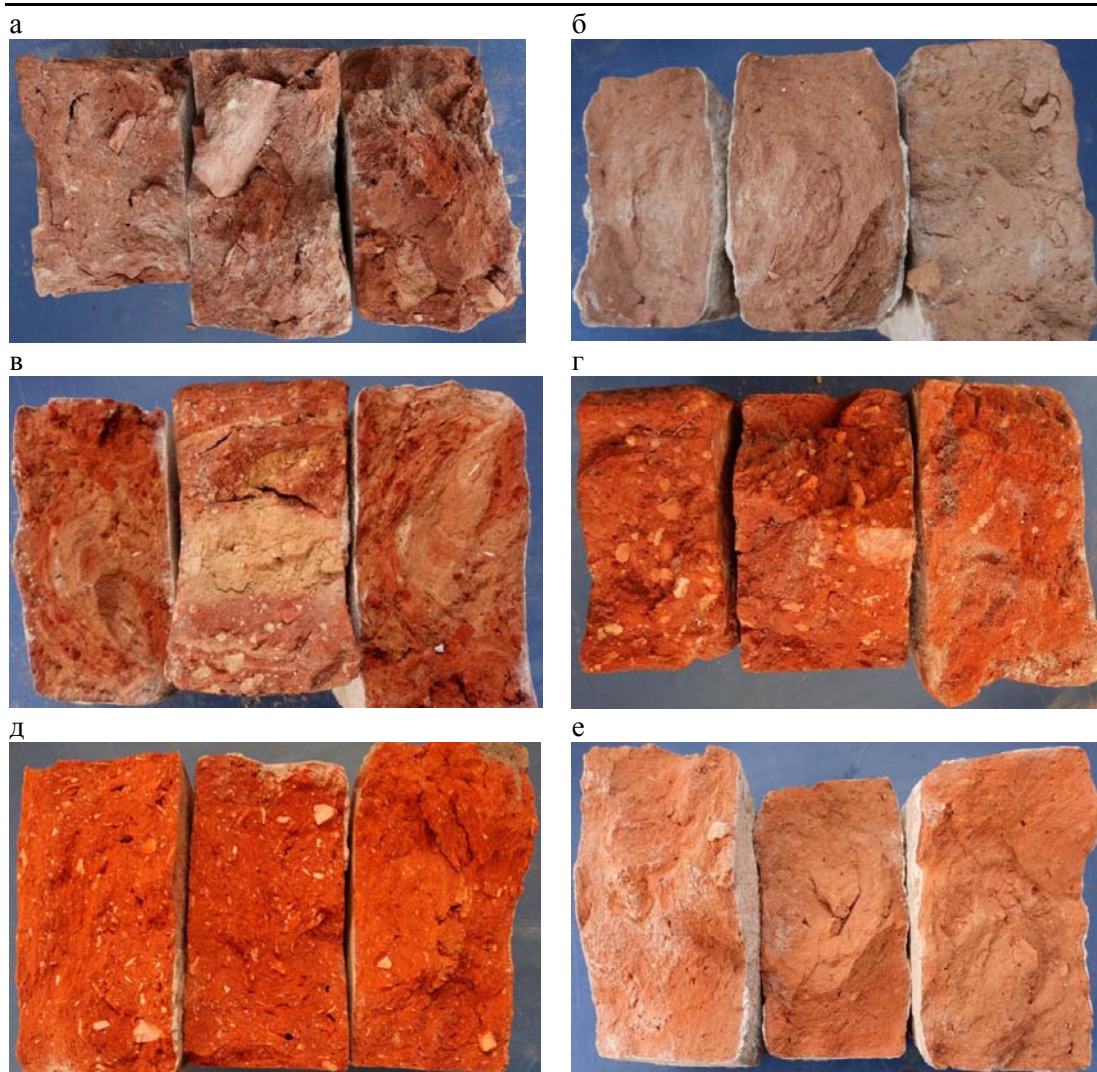


Рис. 2. Текстура образцов исследованного кирпича

Вторичный заполнитель из бетонного лома получили путем его трехкратного дробления в лабораторной щековой дробилке ШД-6 по «мягкому» режиму. Этот режим позволяет разрушать преимущественно малопрочную растворную составляющую бетона, что достигается работой дробилки в режиме завала при максимально открытой разгрузочной щели [7]. Такой способ дробления позволяет повысить прочность вторичного щебня.

Полученный дроблением бетонного лома прочностью 25-40 МПа вторичный щебень имел марку по дробимости 800, водопоглощение 8,6 %, среднюю и насыпную плотность 2460 и 1210 кг/м³, соответственно.

С применением этого щебня были изготовлены три состава бетона с различным объемным содержанием крупного заполнителя (табл 1). В качестве контрольного состава использовался бетон на гранитном заполнителе. Во все составы бетонной смеси вводился суперпластификатор «Гиппласт Термо тип 1», дозировка которого составляла 3,3 кг/м³. Суперпластификатор вводился в бетонную смесь после перемешивания всех его компонентов.

Консистенция бетонных смесей, которая определялась по распылу конуса Хегермана (форма-конус по ГОСТ 310.4) под действием собственного веса, а также прочностные характеристики образцов 40×40×160 мм после тепловлажностной обработки приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 1

Исследованные составы бетона

Наименование компонента	Расход компонентов, кг/м ³			
	№1	№2	№3	№4
Цемент	420	420	420	420
Щебень из бетонного лома	–	1048	947	864
Щебень гранитный	1002	–	–	–
Песок	719	536	643	730
Вода	173	202	202	202
Объем щебня, %	38,5	42,6	38,5	35,1

Т а б л и ц а 2

Свойства бетона

Наименование характеристики	Значение характеристики			
	№1	№2	№3	№4
Распływ конуса Хеггермана, мм	235	122	129	135
Прочность на сжатие, МПа	64,5	51	56	48
Прочность на изгиб, МПа	6,5	6,5	7,5	7,1

Анализ результатов определения консистенции смесей показывает, что, несмотря на значительное увеличение расхода воды в сравнении с контрольным составом, расплывы смесей на рециклинговом заполнителе намного ниже, что свидетельствует о высокой водопотребности вторичного щебня. Увеличение расхода воды негативно сказывается на прочности на сжатие бетона, несмотря на то что часть воды из цементного теста поглощается порами заполнителя, что приводит к уменьшению истинного водоцементного отношения. Для снижения водопоглощения рециклингового щебня могут быть использованы различные добавки, в том числе и на неорганической основе [8].

Следует при этом отметить, что прочность на изгиб при замене гранитного щебня на вторичный заполнитель не уменьшается, а в некоторых составах даже повышается. Это можно объяснить более высокой адгезией цементного камня к рециклинговому щебню в сравнении с гранитным щебнем.

Исследование эффективности минеральной добавки, полученной измельчением до удельной поверхности 380 м²/кг в лабораторной шаровой мельнице отсева дробления кирпичного щебня, проводилось на составах, приведенных в табл. 3. Расход суперпластификатора во всех составах составлял 2,7 кг/м³.

Т а б л и ц а 3

Составы бетона с минеральной добавкой и консистенция смесей

Наименование компонента	Расход компонентов, кг/м ³			
	№5	№6	№7	№8
Минеральная добавка	–	29	59	88
Цемент	375	340	302	265
Песок	675	680	680	681
Вторичный заполнитель из бетонного лома	975	981	982	984
Вода	212	208	208	208
Распływ конуса Хеггермана, мм	160	225	197	174

Как видно из табл. 3, замещение цемента минеральной добавкой положительно сказывается на расплывах смесей под действием собственного веса. Анализ прочностных характеристик (рис. 3) составов показывает, что при твердении бетона в нормальных условиях при увеличении степени замещения цемента измельченным

кирпичом происходит снижение прочности с 55 до 48 МПа, а прочность после тепловлажностной обработки в течение 9 часов при 80°C практически не зависит от дозировки минеральной добавки, что свидетельствует о ее высокой эффективности.

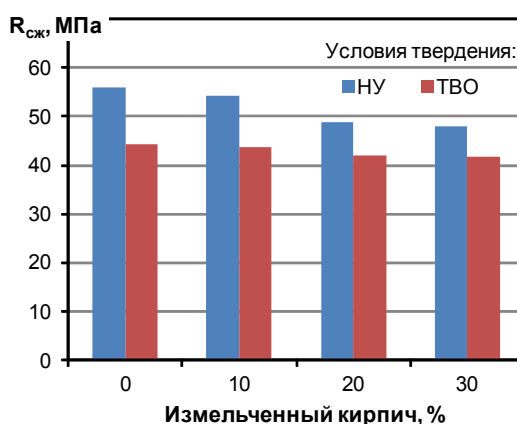


Рис. 3. Влияние условий твердения и дозировки добавки измельченного кирпича на прочность при сжатии бетона

Полученные результаты доказывают высокую эффективность исследованной минеральной добавки, что позволяет рекомендовать бой керамического кирпича для производства минеральной добавки для бетонов, особенно подвергающихся тепловлажностной обработке.

Выводы

Исследованные в качестве крупного заполнителя продукты дробления кирпичного боя из отходов сноса в г. Пензе зданий, построенных в конце XIX и начале XX века, показали, что щебень, полученный из этого отхода сноса, имеет низкие характеристики и малопригоден в качестве крупного заполнителя для производства бетона.

Исследованный вторичный заполнитель из дробленого бетонного лома имеет высокую марку по дробимости – 800, но характеризуется высокой водопотребностью, что не позволяет его использовать в качестве равноценной замены гранитного щебня. В то же время с применением исследованного рециклингового заполнителя может быть получен бетон с прочностью 48-56 МПа.

Исследование минеральной добавки на основе измельченного кирпичного боя показало ее высокую эффективность по влиянию на некоторые показатели бетона, в частности, эта добавка улучшает удобоукладываемость бетонной смеси. При этом наблюдаемое снижение прочности в нормальных условиях твердения при ее дозировке до 30 % невелико, а при тепловлажностной обработке прочность практически не уменьшается.

Список литературы

1. Алексанин, А.В. Обеспечение безопасности окружающей среды за счет организации рационального обращения отходов строительства и сноса / А.В. Алексанин, М.О. Сорокин // Наука и безопасность. – 2013. – № 1(6). – С. 77–79.
2. Галимзянова, Т.Г. Технологии переработки отходов строительства и сноса / Т.Г. Галимзянова, Е.В. Шилова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2021. – № 4(44). – С. 116–126.
3. Головин, Н.Г. Проблема утилизации железобетона и поиск эффективных путей ее решения / Н.Г. Головин, Л.А. Алимов, В.В. Воронин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 2–1. – С. 65–71.

4. Балакшин, А.С. Свойства малоцебеночного бетона с органоминеральной добавкой на основе отсеков дробления бетонного лома / А.С. Балакшин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1–2. – С. 253–258.

5. Гусев, Б.В. Вторичное использование бетонов / Б.В. Гусев, В.А. Загурский. – М.: Стройиздат, 1988. – 95 с.

6. Морозова, Н.Н. Вовлечение отходов бетонного лома в производство новых материалов / Н.Н. Морозова, А.Р. Гиззатуллин // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы XVIII Международной научно-технической конференции молодых учёных. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2023. – С. 145–149.

7. Беппаев, З.У. Определение физико-технических характеристик рециклингового щебня из боя керамического кирпича с выявлением перспектив его применения в качестве заполнителей для бетонов / З.У. Беппаев, Л.Х. Аствацатурова, С.А. Колодяжный, С.А.Вернигора, В.В. Лопатинский // Бетон и железобетон. – 2022. – № 1 (609). – С. 36–42.

8. Коровкин, М.О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона / М.О. Коровкин, А.И. Шестернин, Н.А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3(37). – С. 85.

9. Коровкин, М.О. Влияние химических добавок на водопоглощение самоуплотняющегося бетона, изготовленного с применением вторичного заполнителя / М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина, А.Ю. Егоров // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2023. – № 1(16). – С. 47–52.

References

1. Aleksanin, A.V. Ensuring environmental safety through the rational management of construction and demolition wastes / A.V. Aleksanin, M.O. Sorokin // Science and Security. – 2013. – No. 1(6). – P. 77–79.

2. Galimzyanova, T.G. Technologies for processing construction and demolition waste / T.G. Galimzyanova, E.V. Shilova // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied Ecology. Urban development. – 2021. – No. 4(44). – P. 116–126.

3. Golovin, N.G. Reinforced concrete recycling: problem and potential solutions / N.G.Golovin, L.A.Alimov, V.V. Voronin // Vestnik MGSU. – 2011. – No. 2–1. – P. 65–71.

4. Balakshin, A.S. Property of iow-crushed concrete with organic based additive based on screenings from scrap concrete breakage / A.S.Balakshin // Vestnik MGSU. – 2011. – No. 1–2. – P. 253–258.

5. Gusev, B.V. Recycling of concrete / B.V. Gusev, V.A. Zagursky. – M.: Stroyizdat, 1988. – 95 p.

6. Morozova, N. N. Involvement of scrap concrete waste in the production of new materials / N. N. Morozova, A. R. Gizzatullin // Theory and practice of increasing the efficiency of building materials: materials of the XVIII International Scientific and Technical Conference of Young Scientists. – Penza: Penza State University of Architecture and Construction, 2023. – P. 145–149.

7. Beppaev, Z.U. Determination of physical and technical characteristics of recycling crushed stone from the breakages of ceramic bricks with the identification of prospects for its use as aggregates for concrete / Z.U. Beppaev, L.H. Astvatsaturova, S.A. Kolodyazhny, S.A.Vernigora, V.V. Lopatinsky // Concrete and Reinforced Concrete. – 2022. – No.1 (609). – С. 36–42.

8. Korovkin, M.O. The use of crushed concrete scrap as filler for self-compacting concrete / M.O. Korovkin, A.I. Shesternin, N.A. Eroshkina // Inženernyj vestnik Dona. – 2015. – No. 3(37). – P. 85.

9. Korovkin, M.O. Effect of chemical admixtures on water absorption of self-compacting concrete made with recycled aggregate / M.O.Korovkin, N.A. Eroshkina, A.Yu. Egorov // PGUAS Bulletin: construction, science and education. – 2023. – No. 1(16). – С. 47–52.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Мартышкин Даниил Олегович,
аспирант

Лавров Иван Юрьевич,
аспирант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Martyshkin Daniil Olegovich,
Postgraduate student

Lavrov Ivan Yurievich,
Postgraduate student

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Д.О. Мартышкин, И.Ю. Лавров

Рассмотрены вопросы численного моделирования клееной деревянной рамы для оценки поведения конструкции при динамическом воздействии. Выполнено моделирование клееной деревянной рамы. Представлены результаты модального анализа, по итогам которого выявлены наиболее опасные собственные частоты конструкции. Установлено влияние физико-механических характеристик древесины сосны на собственные частоты деревянной конструкции в частотном диапазоне, характерном для сейсмического и ветрового воздействия.

Ключевые слова: деревянные конструкции, деревянная рама, динамическое воздействие, модальный анализ, численное моделирование, собственные частоты, деформативность

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE MATERIAL ON THE DYNAMIC PARAMETERS OF THE FRAME STRUCTURE

D.O. Martyshkin, I. Yu. Lavrov

The article discusses the issues of numerical modeling of a laminated wood frame to assess the behavior of the structure under dynamic influence. Modeling of a glued wooden frame has been completed. The results of a modal analysis are presented, based on the results of which the most dangerous natural frequencies of the structure are identified. The influence of the physical and mechanical characteristics of pine wood on the natural frequencies of a wooden structure in the frequency range characteristic of seismic and wind influences has been established.

Keywords: wooden structures, wooden frame, dynamic impact, modal analysis, numerical modeling, natural frequencies, deformability

В современной практике строительства наиболее эффективно древесина используется в большепролетных зданиях и сооружениях. Древесина, в отличие от металлических и железобетонных конструкций, обладает большей стойкостью к воздействию агрессивных сред [1]. В связи с чем деревянные несущие конструкции нашли применение в объектах с высокой влажностью: бассейны, хоккейные стадионы, объекты сельского хозяйства и химической промышленности [2].

Проектирование и расчет несущих деревянных конструкций (ДК) является первоочередной задачей при создании различных архитектурных форм. Наиболее распространёнными несущими ДК являются балки, фермы, рамы [1, 2].

Известны случаи аварийных ситуаций, возникающих при неблагоприятном сочетании внешних динамических воздействий на сооружения, например ветровых или

сейсмических (рис. 1). Таким образом, прогнозирование поведения конструкций при динамическом нагружении является актуальной инженерной задачей.

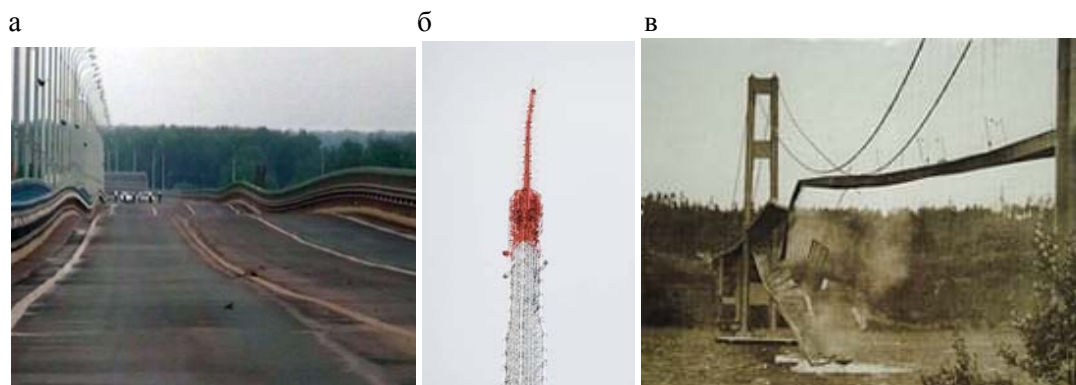


Рис.1. Примеры проявления и последствия эффекта резонанса в строительных конструкциях:
а – ветровой резонанс моста в Волгограде в 2010 г. [3]; б – погнутый при землетрясении в 2011 г. шпиль Токийской телебашни [4]; в – обрушение подвесного моста Такома-Нарроуз в 1940 г. из-за колебаний, вызванных ветром [5]

Как показывают литературные данные, для сейсмического воздействия наиболее характерным является частотный диапазон $0 \dots 16$ Гц [6], а для ветрового – $0.01 \dots 10$ Гц [7]. Исходя из этого, для последующего численного моделирования был выбран диапазон частот $0 \dots 16$ Гц.

На начальном этапе выполнена 3D-модель клееной деревянной рамы (рис. 2) пролетом 18 м, с высотой стойки 4,0 и высотой в коньке 6,5 м. Поперечное сечение рамы прямоугольное с постоянной шириной 140 мм, высота сечения стойки и ригеля переменная и принята в соответствии с толщиной досок 33 мм: в пяте стойки – 429 мм, в карнизном узле – 1155 мм, в коньке – 363 мм. К скатной части рамы приложена равномерно распределённая нагрузка от веса покрытия и снега (условно принят II снеговой район) общей величиной 400 кг.

Целью численного моделирования являлась оценка поведения деревянной конструкции при динамическом воздействии. Для проведения численного эксперимента геометрия 3D-модели импортировалась в ПО Comsol Multiphysics.

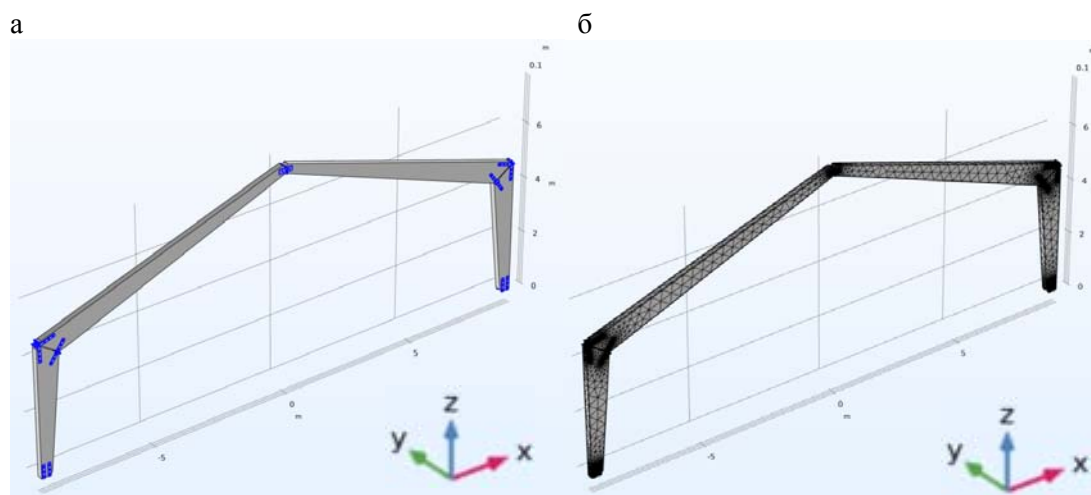


Рис. 2. Деревянная рама:
а – 3D-модель; б – конечно-элементная сетка

Производился модальный анализ конструкции в частотном диапазоне $0 \dots 16$ Гц, в результате были определены собственные частоты конструкции и соответствующие им показатели массового участия, выраженные через эффективную модальную массу

относительно координатных осей X , Y и Z , по итогам чего определялись наиболее опасные режимы колебаний (см. таблицу). На этом этапе были заданы следующие характеристики: для материала крепёжных элементов – модуль упругости (E) 212 ГПа, коэффициент Пуассона (μ) 0,3, средняя плотность (ρ) 7850 кг/м³; для деревянных элементов: E – 8,55; μ – 0,5; ρ – 540 кг/м³, что в среднем соответствует древесине 12 %-й влажности [8].

Показатели массового участия при первых 8 режимах колебаний рамы

№ режима колебаний (собственной частоты)	Частота, Гц	Эффективная модальная масса, кг		
		ось X	ось Y	ось Z
1	0.96	$5.2 \cdot 10^{-6}$	$1.5 \cdot 10^3$	$2.1 \cdot 10^{-7}$
2	2.38	$2.1 \cdot 10^{-7}$	$2.2 \cdot 10^{-6}$	$5.9 \cdot 10^{-7}$
3	4.00	$6.3 \cdot 10^{-5}$	$4.1 \cdot 10^2$	$9.9 \cdot 10^{-8}$
4	5.12	$1.7 \cdot 10^3$	$2.7 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-6}$
5	6.68	$1.8 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^{-5}$	$6.2 \cdot 10^{-8}$
6	8.70	$1.9 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^{-5}$	$5.4 \cdot 10^2$
7	9.22	$2.2 \cdot 10^{-7}$	$1.0 \cdot 10^1$	$7.4 \cdot 10^{-4}$
8	15.94	$3.1 \cdot 10^2$	$2.0 \cdot 10^{-7}$	$2.4 \cdot 10^{-5}$

Установлено, что наибольшая эффективная модальная масса наблюдается на первой (0,96 Гц; изгиб рамы в плоскости YZ) и четвёртой (5,12 Гц; складывание в плоскости XZ) собственной частоте. На рис. 3 визуализированы формы колебаний в частотном диапазоне 0...16 Гц.

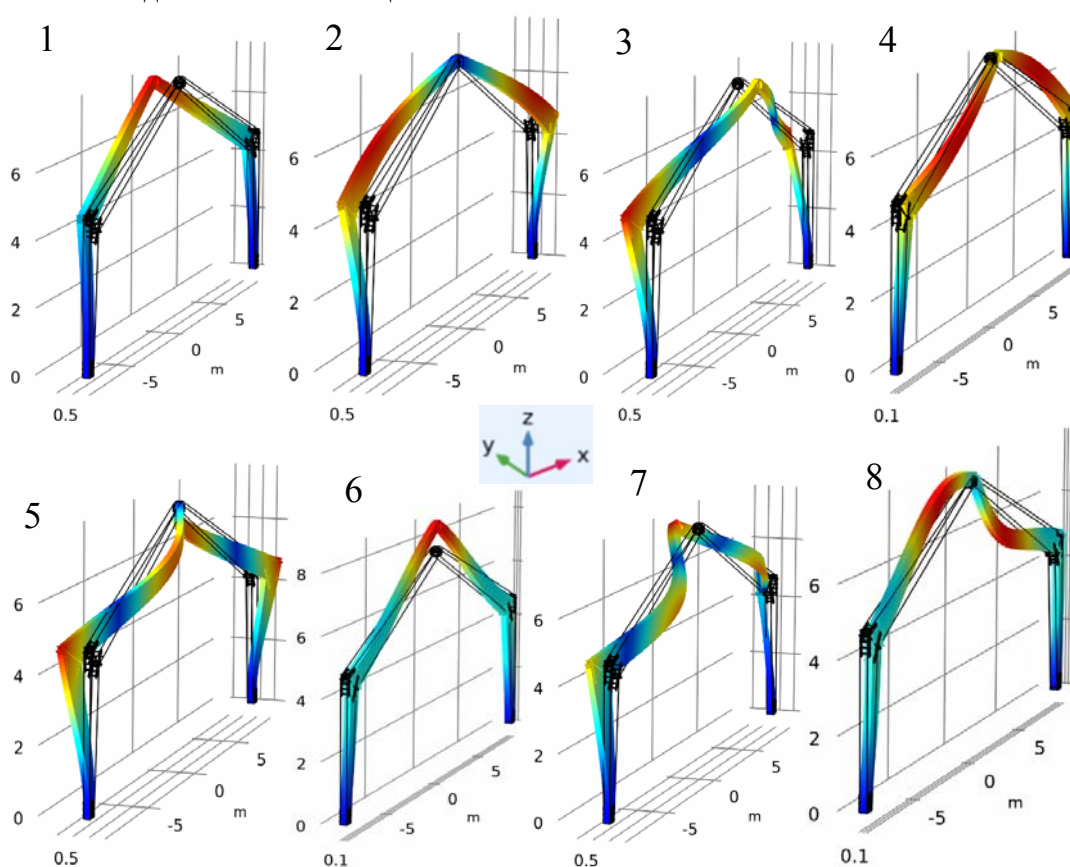


Рис. 3. Формы колебаний деревянной рамы (номера обозначены режимы колебаний)

На следующем этапе определялось влияние физико-механических характеристик древесины на собственные частоты 3D-модели конструкции. Величины E и ρ изменялись в соответствии с ранее установленными линейными моделями [8] для имитации изменения влажности древесины от 6 до 30 % по массе. На диаграмме (рис. 4) приведён пример зависимости величины снижения модуля упругости (E_w/E_0) от массовой влажности древесины сосны (W_m), где E_w – модуль упругости материала при влажности W ; E_0 – модуль упругости материала в сухом состоянии.

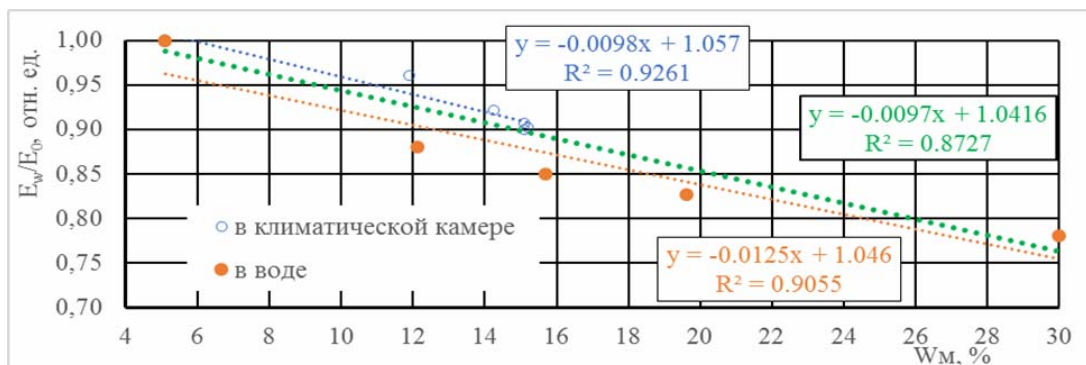


Рис. 4. Зависимость деформативности древесины от влажности при выдерживании в воде ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$) и в климатической камере ($\varphi=98\dots 100\%$; $t_{\text{воздуха}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Затем производилось итеративное вычисление собственных частот конструкции с изменяемыми на каждом шаге значениями средней плотности и модуля упругости древесины, таким образом имитировалось насыщение материала водой. Диапазон варьирования средней плотности составил $503\dots 649\text{ кг/м}^3$, а модуля упругости $9,10\dots 6,92\text{ ГПа}$. Результаты определения собственных частот представлены на рис. 5. Установлено, что при указанных изменениях физико-механических характеристик древесины значения всех собственных частот снижаются в $1,23\dots 1,25$ раза.

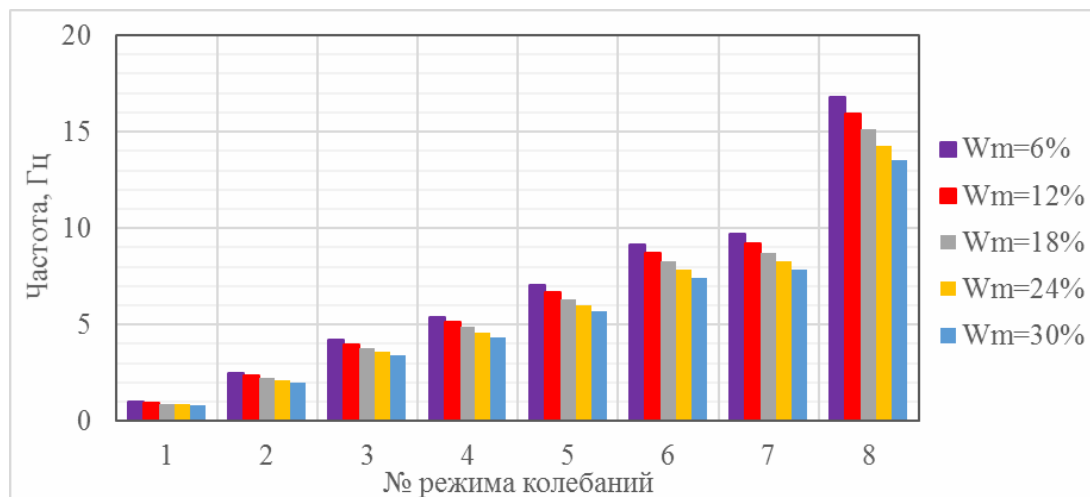


Рис. 5. Собственные частоты деревянной рамы при различной влажности древесины

Выводы

Методами численного моделирования определены собственные частоты и формы колебаний деревянной конструкции рамного типа в частотном диапазоне, характерном для сейсмического и ветрового воздействия – $0\dots 16\text{ Гц}$. Выявлено, что наиболее опасными являются первая и четвёртая собственные частоты конструкции.

Установлено, что изменение влажности древесины с 6 % до 30 % приводит к снижению модуля упругости в 1,32 раза и увеличению плотности в 1,29 раза. В результате в рассматриваемом диапазоне собственные частоты деревянной рамы уменьшаются в $1,23\dots 1,25$ раза.

Список литературы

1. Гаппоев, М.М. Конструкции из дерева и пластмасс / М.М. Гаппоев, И.М. Гуськов, Л.К. Ермоленко, В.И. Линьков, Е.Т. Серова, Б.А. Степанов, Э.В. Филимонов. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 440 с.
2. Калугин, А.В. Деревянные конструкции / А.В. Калугин. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 286 с.
3. Овчинников, И.И. Танцующий мост в Волгограде: причины, аналогии, мероприятия. Часть 1. Причины / И.И. Овчинников, И.Г. Овчинников, В.О. Филиппова // Вестник евразийской науки. – 2015. – Vol. 7, № 6 (31). – P. 146–169.
4. Choo, D. Deutsch: Die verbogene Antennen-Spitze des Tokyo-2011 / D. Choo. – URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2011_Japan_Earthquake_TokyoTower.jpg (accessed: 27.04.2024).
5. Natural Frequency and Buildings-Activity // TeachEngineering.org. – URL: https://www.teachengineering.org/activities/view/wst_natfreq_activity1 (accessed: 27.04.2024).
6. Дреннов, А.Ф. Основные параметры спектров ускорений при землетрясениях с $M \geq 5$ для Байкальской рифтовой зоны / А.Ф. Дреннов, В.И. Джурик, С.П. Серебренников, Е.В. Брыжак, Н.Н. Дреннова // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56, № 5. – P. 984–994.
7. Потапов, А.Н. Вынужденные колебания каркасных зданий при периодических воздействиях / А.Н. Потапов, Л.М. Артемьева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2007. – № 22 (94). – P. 51–53.
8. Мартышкин, Д.О. Влияние влажностного состояния на деформативные характеристики древесины при статическом и динамическом нагружении / Д.О. Мартышкин, И.Ю. Лавров // Материалы XVIII Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной памяти профессора В.И. Калашникова «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов». – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2023. – P. 127–133.

References

1. Gappoev, M.M. Constructions from wood and plastics / M.M. Gappoev, I.M. Guskov, L.K. Ermolenko, V.I. Linkov, E.T. Serova, B.A. Stepanov, E.V. Filimonov. – M.: ASV Publishing House, 2004. – 440 p.
2. Kalugin, A.V. Wooden constructions / A.V. Kalugin. – M.: ASV Publishing House, 2008. – 286 p.
3. Ovchinnikov, I.I. Dancing Bridge in Volgograd: Causes, Analogies, Measures. Part 1. Causes / I.I. Ovchinnikov, I.G. Ovchinnikov, V.O. Filippova // Eurasian Science Bulletin. – 2015. – Vol. 7, No. 6 (31). – P. 146–169.
4. Choo D. Deutsch: Die verbogene Antennen-Spitze des Tokyo-2011 / D. Choo. – URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2011_Japan_Earthquake_TokyoTower.jpg (accessed: 27.04.2024).
5. Natural Frequency and Buildings-Activity // TeachEngineering.org. – URL: https://www.teachengineering.org/activities/view/wst_natfreq_activity1 (accessed: 27.04.2024).
6. Drennov, A.F. Basic Parameters of Acceleration Spectra during Earthquakes with $M \geq 5$ for the Baikal Rift Zone / A.F. Drennov, V.I. Djurik, S.P. Serebrennikov, E.V. Bryzhak, N.N. Drennova // Geology and Geophysics. – 2015. – Vol. 56, No. 5. – P. 984–994.
7. Potapov, A.N. Forced Vibrations of Frame Buildings under Periodic Loads / A.N. Potapov, L.M. Artemieva // Bulletin of South Ural State University. Series: Construction and Architecture. – 2007. – No. 22 (94). – P. 51–53.
8. Martyshkin, D.O. Influence of Moisture Content on Deformation Characteristics of Wood under Static and Dynamic Loading / D.O. Martyshkin, I.Yu. Lavrov // THEORY AND PRACTICE OF INCREASING THE EFFICIENCY OF BUILDING MATERIALS. Materials of the XVIII International Scientific and Technical Conference of Young Scientists, dedicated to the memory of Professor V.I. Kalashnikov. – Penza: Penza State University of Architecture and Construction), 2023. – P. 127–133.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Махамбетова Камажай Нурабуллаевна,
кандидат технических наук, доцент
E-mail: knmakhambetova@gmail.com

Лавров Иван Юрьевич,
аспирант

Хаванский Алексей Александрович,
магистрант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Makhambetova Kamazhay Nurabullayevna,
Candidate of Sciences, Associate Professor
E-mail: knmakhambetova@gmail.com

Lavrov Ivan Yurievich,
Postgraduate student

Khavansky Aleksey Aleksandrovich,
Master's student

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ САМООЧИЩАЮЩИХСЯ ЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К.Н. Махамбетова, И.Ю. Лавров, А.А. Хаванский

Рассмотрены особенности использования метода, основанного на анализе фотоизображений поверхности материала с имитацией органического загрязнения, подвергающейся воздействию ультрафиолетовых лучей ближнего диапазона. Показана возможность автоматизации проведения анализа изображений с использованием инструментов языка программирования Python. Проведенные исследования по определению фотокаталитической активности цементного материала показывают, что метод, основанный на анализе цветовой характеристики поверхности образцов с использованием фотокамеры, дает положительные результаты и открывает широкие возможности для автоматизации проведения анализа изображений, что значительно ускоряет экспериментальную работу.

Ключевые слова: цементный камень, краситель, диоксид титана, ультрафиолетовое излучение, фотокаталитическая активность

TECHNICAL ASPECTS OF DETERMINING THE PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF SELF-CLEANING CEMENT MATERIALS

K.N. Makhambetova, I.Yu. Lavrov, A.A. Khavansky

The article discusses the features of using a method based on the analysis of photographic images of the surface of a material with imitation of organic pollution, exposed to near-range ultraviolet rays. The possibility of automating image analysis using Python programming language tools is shown. Conducted studies to determine the photocatalytic activity of cement material show that the method based on analyzing the color characteristics of the surface of samples using a camera gives positive results and ample opportunities for automating image analysis, which significantly speeds up experimental work.

Keywords: hardened cement paste, dye, titanium dioxide, ultraviolet radiation, photocatalytic activity

Технология получения фотокаталитических материалов совершенствовалась на протяжении последних лет и стала востребованной при создании строительных материалов с самоочищающимися способностями. Положительным фактором использования таких материалов является то, что они не только сохраняют внешний вид строительных изделий, разлагают загрязнения, которые образуются от автомобильных

выхлопов, выделяющихся газов, атмосферных осадков, но и экономят трудозатраты и улучшают состояние окружающей среды. Кроме того, способствуют увеличению срока службы материалов, существенному снижению концентрации загрязняющих веществ в воздухе, особенно в условиях городской среды.

Одной из наиболее эффективных добавок с фотокаталитическими свойствами является диоксид титана (TiO_2) анатазной модификации [1-4].

Методы определения фотокаталитической активности в зависимости от используемых веществ можно условно разделить на методы определения концентрации газов в замкнутой системе, содержащей фотокаталитический материал [5, 6], и методы, основанные на колориметрии цветного окисляемого органического вещества, нанесённого на поверхность образца фотокаталитического материала [3, 7]. На практике чаще используется второй метод, не требующий применения газоанализатора.

В нашем исследовании для определения фотокаталитической активности цементного материала были изготовлены образцы-кубики с ребром 30 мм и образцы-цилиндры диаметром 50 мм из цементного камня. В качестве вяжущего применялся белый портландцемент СЕМІ 52,5R производства «Adana Oyak Cimento» (Турция), активные минеральные добавки, гиперпластификатор Sika 226P, вводимый в дозировке 0,5 % от массы цемента. В качестве фотокатализатора использовался порошковый анатаз производства Acros Organics с содержанием диоксида титана 98 % в количестве 5 % от массы вяжущего. Водоцементное отношение составляло 0,3. Источником ультрафиолетового излучения являлась люминесцентная лампа с длиной волны 365 нм. Расстояние между образцами и лампой подбиралось для обеспечения удельной мощности излучения 35–40 Вт/м². Для имитации органического загрязнения согласно итальянскому стандарту UNI 11259-2008 [8] применялся 0,05 %-й раствор красителя родамина Б, наносимый на поверхность образцов кистью в один слой.

На рис. 1 показан процесс обесцвечивания красителя под действием ультрафиолетового излучения на поверхности образцов из цементного камня с добавкой диоксида титана.



Рис. 1. Образец из цементного камня с добавкой TiO_2 , покрытого раствором родамина Б (верхняя часть находилась в темноте, нижняя часть облучалась ультрафиолетовыми лучами на протяжении 5 часов)

В данном процессе диоксид титана ускоряет химическую реакцию фотокатализа, которая происходит под действием попадающего на поверхность ультрафиолетового света, и в результате этого происходит самоочищение поверхности образца.

Традиционный метод определения цветовой характеристики поверхности образцов основан на использовании спектрофотометра [7]; в качестве альтернативы используется фотосъёмка с последующим анализом изображения [3, 9]. Применение метода, основанного на анализе фотоизображений поверхности цементного материала, модифицированного диоксидом титана, с имитацией загрязнения, подвергающейся воздействию ультрафиолетовых лучей, является экспрессным при создании самоочищающихся строительных материалов. Суть анализа заключается в определении средней характеристики цвета в цветовом пространстве CIELAB, имеющем три координаты L ,

a , b , где L определяет светлоту, a и b – хроматическую составляющую цвета. При использовании родамина Б анализируется координата a , отвечающая за интенсивность красного оттенка. Фотокаталитическая активность R_τ , %, по прохождении времени облучения ультрафиолетовыми лучами τ вычисляется по формуле

$$R_\tau = \frac{a_0 - a_\tau}{a_0} \cdot 100,$$

где a_0 – значение координаты перед облучением; a_τ – значение координаты после времени облучения τ .

Основные этапы определения фотокаталитической активности материала представлены на рис. 2.

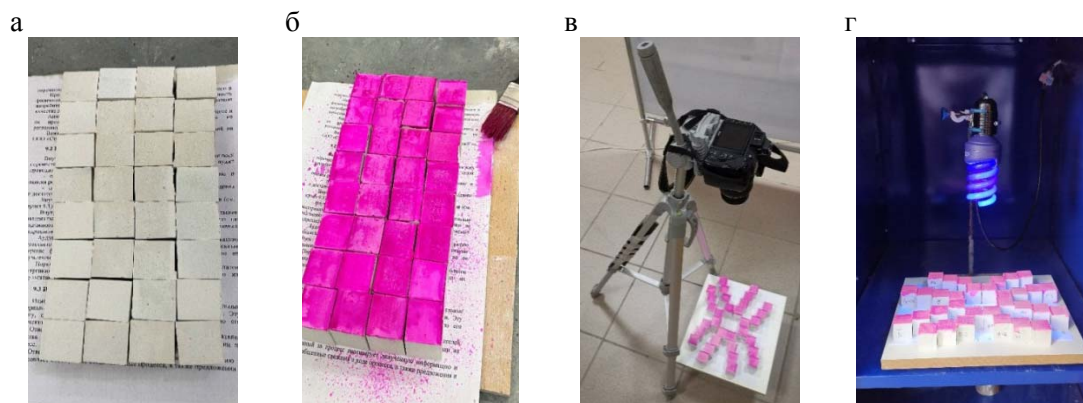


Рис. 2. Основные этапы определения фотокаталитической активности:
 а – подготовка изготовленных образцов; б – нанесение раствора красителя;
 в – фотосъёмка образцов; г – облучение ультрафиолетовым светом

Фотосъёмка осуществлялась цифровой камерой Nikon D3300 при следующих настройках: фокусное расстояние объектива 50 mm; значение диафрагмы $f/11$; время выдержки $1/200$ с; светочувствительность ISO100. В ходе проведения эксперимента использование указанных настроек позволяло минимизировать геометрические и хроматические aberrации.

Обычно при анализе фотоизображений определяется среднее значение цветовых координат RGB в указанной области, затем полученные значения переводят в формат CIE LAB. С целью упрощения процесса испытаний на языке программирования Python был написан программный код с использованием библиотек «OpenCV» и «Colormath», позволяющий автоматизировать анализ изображений. При запуске программы активируется окно выбора фотографии для проведения анализа, далее после загрузки фотографии в окне предварительного просмотра с помощью мыши указывается рамка для анализа цвета и в нижней части окна выводится значение a -координаты пространства CIE LAB, которое автоматически сохраняется в буфере обмена. Процесс автоматического определения цветовой характеристики с использованием созданного программного кода показан на рис. 3.

Следует отметить, что данное решение значительно упрощает и ускоряет экспериментальную работу.

Для оценки повторяемости результатов была заформована серия образцов с содержанием диоксида титана 5 % от массы вяжущего. Параллельно изготавливались контрольные образцы, не содержащие добавку-фотокатализатор. Образцы твердели в нормально-влажностных условиях в течение нормативного срока. На поверхность высушенных образцов наносился раствор родамина Б, после высыхания красителя производилась предварительная фотосъёмка поверхности образцов, затем они были помещены под ультрафиолетовую лампу. Для определения кинетики обесцвечивания под ультрафиолетовым воздействием образцы периодически фотографировали (рис. 4).

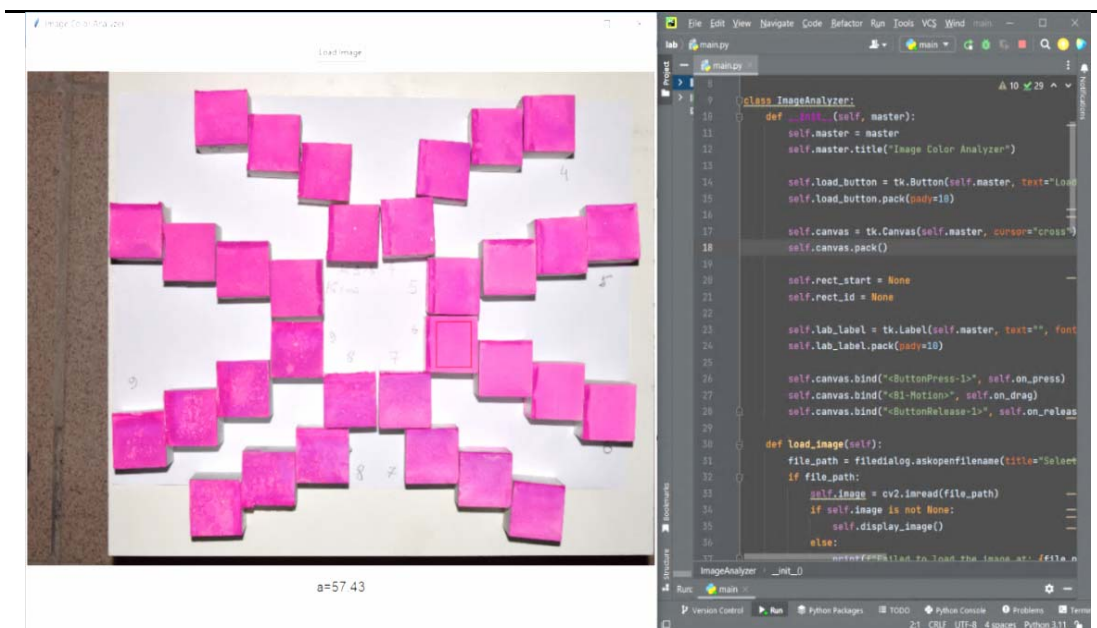


Рис. 3. Процесс автоматического определения a -координаты с использованием созданного программного кода

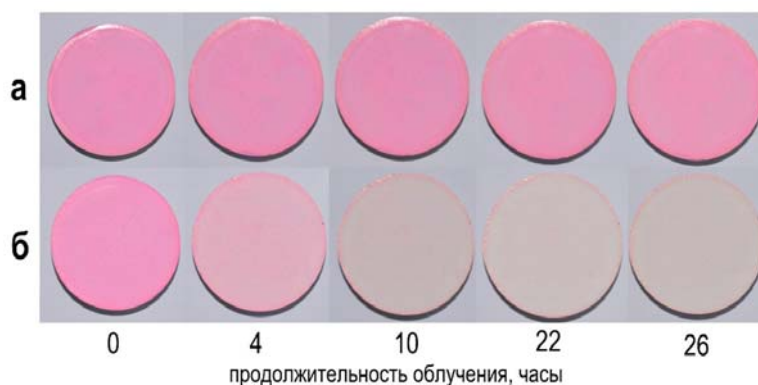


Рис. 4. Обесцвечивание образцов под воздействием ультрафиолетовых лучей: а – контрольные образцы; б – образцы с добавкой диоксида титана

Далее была изучена кинетика изменения величины фотокаталитической активности R , %, по времени в процессе облучения ультрафиолетовым светом. Для этого были выбраны три образца из серии с содержанием диоксида титана в количестве 5 % от массы вяжущего и один образец контрольный, без содержания добавки. Результаты определения фотокаталитической активности экспериментальных образцов представлены на рис. 5.

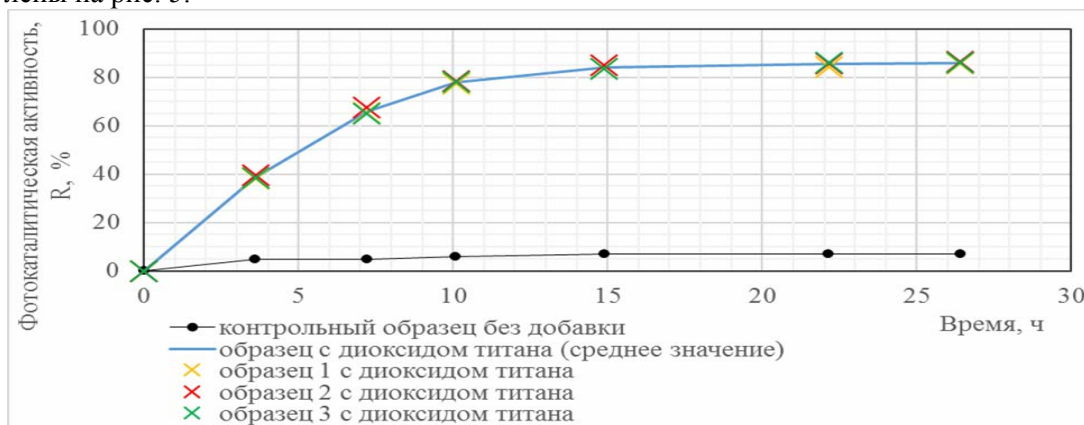


Рис. 5. Кинетика обесцвечивания поверхности образцов, модифицированных диоксидом титана

Как видно из рис. 5, фотокаталитическая активность материала составляет более 30 % через 3 часа и более 85 % через 26 часов воздействия ультрафиолетового излучения, что характеризует данный материал в соответствии со стандартом [8] как фотокаталитически активный. Кроме того, расхождения между соответствующими результатами определения фотокаталитической активности R , %, в серии не превышают 1–2 %, что является положительным эффектом.

Анализ результатов проведенных исследований по определению фотокаталитической активности цементного материала показывает, что метод, основанный на анализе цветовой характеристики поверхности образцов с использованием фотокамеры дает хорошие результаты и открывает широкие возможности для автоматизации проведения анализа изображений, что значительно ускоряет исследовательскую деятельность.

Список литературы

1. Vila-Gómez, Lloris J.-M. Photocatalytic activity of TiO_2 in different types of cements and mortars / Lloris J.-M. Vila-Gómez, M.J. Tendero, G. Sanfélix S. – 2011.
2. Diamanti, M.V. Mutual interactions between carbonation and titanium dioxide photoactivity in concrete / M.V. Diamanti, F. Lollini, M.P. Pedferri, L. Bertolini // *Building and Environment*. – 2013. – Vol. 62. – P. 174–181.
3. Хела, Р. Исследование возможности тестирования эффективности фотокатализа TiO_2 в бетоне / Р. Хела, Л. Боднарова // *Строительные материалы*. – 2015. – № 2. – С. 77–81.
4. Антоненко, М.В. Фотокаталитически активные самоочищающиеся материалы на основе цемента. Составы, свойства, применение / М.В. Антоненко, Ю.Н. Огурцова, В.В. Строкова, Е.Н. Губарева // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. – 2020. – №3. – С. 16–25.
5. Zailan, S. Review on Characterization and Mechanical Performance of Self-cleaning Concrete / S. Zailan, N. Mahmed, M.M.A.B. Abdullah, N. Shahedan // *MATEC Web of Conferences*. – 2017. – Vol. 97. – P. 01022.
6. Lackhoff, M. Photocatalytic activity of semiconductor-modified cement – influence of semiconductor type and cement ageing / M. Lackhoff, X. Prieto, N. Nestle, F. Dehn, R. Niessner // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2003. – Vol. 43, № 3. – P. 205–216.
7. Jimenez-Relinque, E. Characteristics and efficiency of photocatalytic cementitious materials: Type of binder, roughness and microstructure / E. Jimenez-Relinque, J.R. Rodriguez-Garcia, A. Castillo, M. Castellote // *Cement and Concrete Research*. – 2015. – Vol. 71. – P. 124–131.
8. UNI 11259:2016. Photocatalysis–Determination of the photocatalytic activity of hydraulic binders – Rodamina test method.
9. Крушельницкая, Е.А. Оценка фотокаталитической активности бетона / Е.А. Крушельницкая // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. – 2021. – № 4. – С. 13–20.

References

1. Vila-Gómez, Lloris J.-M. Photocatalytic activity of TiO_2 in different types of cements and mortars / Lloris J.-M. Vila-Gómez, M.J. Tendero, G. Sanfélix S. – 2011.
2. Diamanti, M.V. Mutual interactions between carbonation and titanium dioxide photoactivity in concrete / M.V. Diamanti, F. Lollini, M.P. Pedferri, L. Bertolini // *Building and Environment*. – 2013. – Vol. 62. – P. 174–181.
3. Hela, R. Study of the possibility of testing the efficiency of TiO_2 photocatalysis in concrete / R. Hela, L. Bodnarova // *Construction materials*. – 2015. – No. 2. – P. 77–81.
4. Antonenko, M.V. Photocatalytic active self-cleaning cement-based materials. Compositions, properties, application / M.V. Antonenko, Yu.N. Ogurtsova, V.V. Strokova, E.N. Gubareva // *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. – 2020. – No. 3. – P. 16–25.

-
5. Zailan, S. Review on Characterization and Mechanical Performance of Self-cleaning Concrete / S. Zailan, N. Mahmed, M.M.A.B. Abdullah, N. Shahedan // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 97. – P. 01022.
 6. Lackhoff, M. Photocatalytic activity of semiconductor-modified cement – influence of semiconductor type and cement ageing / M. Lackhoff, X. Prieto, N. Nestle, F. Dehn, R. Niessner // Applied Catalysis B: Environmental. – 2003. – Vol. 43, № 3. – P. 205–216.
 7. Jimenez-Relinque, E. Characteristics and efficiency of photocatalytic cementitious materials: Type of binder, roughness and microstructure / E. Jimenez-Relinque, J.R. Rodriguez-Garcia, A. Castillo, M. Castellote // Cement and Concrete Research. – 2015. – Vol. 71. – P. 124–131.
 8. UNI 11259:2016. Photocatalysis–Determination of the photocatalytic activity of hydraulic binders – Rodamina test method.
 9. Krushelnitskaya, E.A. Assessment of photocatalytic activity of concrete/ E.A. Krushelnitskaya // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova. – 2021. – No.4. – P. 13–20.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Тарасеева Нелли Ивановна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Геотехника и дорожное строительство»
E-mail: tnelly77@mail.ru

Грачева Юлия Вячеславовна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Геотехника и дорожное строительство»
E-mail: gds@pguas.ru

Моршанкин Владислав Алексеевич,
студент
E-mail: gds@pguas.ru

Букин Денис Николаевич,
магистрант
E-mail: gds@pguas.ru

Якашина Ольга Игоревна,
студентка
E-mail: gds@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Taraseeva Nelly Ivanovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
Department «Geotechnics and Road Construction»
E-mail: tnelly77@mail.ru

Gracheva Yulia Vyacheslavovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
Department «Geotechnics and Road Construction»
E-mail: gds@pguas.ru

Morshankin Vladislav Alekseevich,
Student
E-mail: gds@pguas.ru

Bukin Denis Nikolaevich,
Undergraduate
E-mail: gds@pguas.ru

Yakashina Olga Igorevna,
Student
E-mail: gds@pguas.ru

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК НАБУХАНИЯ ГРУНТОВ ПО МЕТОДУ ГОСТ 12248.6-2020 ДЛЯ ВЫБОРА ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Н.И. Тарасеева, Ю.В. Грачева, В.А. Моршанкин, Д.Н. Букин, О.И. Якашина

Активное строительство жилых и общественных зданий, а также объектов транспортной инфраструктуры требует освоения значительных территорий, не всегда отличающихся идеальными характеристиками грунта основания. Приведена методика адаптации геотехнического оборудования для оценки свойств грунтов методом набухания по ГОСТ 12248.6-2020 в учебном процессе с целью применения в проектной деятельности. Установлены зависимости относительных деформаций набухания образцов глинистого грунта, актуальных на территории Пензенской области, от нагрузки и относительных деформаций набухания во времени с целью разработки рекомендаций по предотвращению отрицательных последствий природного и техногенного увлажнения на всех этапах жизненного цикла объекта строительства.

Ключевые слова: грунт, метод набухания, относительная деформация набухания, давление набухания, влажность грунта после набухания

THE PRACTICAL SIGNIFICANCE OF LABORATORY STUDIES OF SOIL SWELLING CHARACTERISTICS ACCORDING TO THE GOST 12248.6-2020 METHOD FOR SELECTING THE FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

N.I. Taraseeva, Yu.V. Gracheva, V.A. Morshankin, D.N. Bukin, O.I. Yakashina

The active construction of residential and public buildings, as well as transport infrastructure facilities, requires the development of significant territories that do not always differ in ideal characteristics of the foundation soil. The article presents a methodology for adapting geotechnical

equipment for assessing soil properties using the swelling method according to GOST 12248.6-2020 in the educational process for the purpose of application in design activities. The dependences of the relative swelling deformations of clay soil samples relevant in the Penza region on the load and relative swelling deformations over time have been established in order to develop recommendations to prevent the negative effects of natural and man-made humidification at all stages of the life cycle of the construction object.

Keywords: soil, swelling method, relative deformation of swelling, swelling pressure, soil moisture after swelling

Набухающие грунты, широко распространенные на территории Поволжья, отличаются большим содержанием гидрофильных глинистых минералов и малой влажностью в природном состоянии ($W < W_p$), что приводит к увеличению объема (набухание) при увлажнении и уменьшению при высыхании (усадка). Выполненные исследования весьма актуальны для территории Пензенской области, поскольку на равнинных территориях нашего региона даже незначительное количество атмосферных осадков в засушливый период летнего времени может изменить физико-механические характеристики грунтов основания, залегающих на значительной глубине.

Как показали натурные исследования, а также анализ научно-технической литературы, изменения параметров основания связаны не только с природным (сезонное изменение влажности и уровня грунтовых вод под влиянием климатических факторов), но и с техногенным воздействием (утечка воды и растворов солей из коммуникаций, асфальтирование и застройка территории влияют на изменение условий испарения грунтовой влаги). Поэтому на стадии проектирования важно определять не только основные физико-механические свойства, но и особые характеристики с целью обеспечения качественной проработки вопросов проектирования, строительства и последующей эксплуатации объекта.

При водонасыщении глинистые грунты, которым присущи коагуляционные связи, могут увеличиваться в объеме и иметь относительную деформацию набухания без нагрузки ϵ_{sw0} больше 0,04 с ухудшением прочностных характеристик в несколько раз. При нарушении природного сложения, например при использовании подобного грунта в качестве обратной засыпки пазух котлована / фундамента, величина свободного набухания может увеличиваться в 1,5–2,0 раза. Поэтому важное значение имеет определение характеристик глинистых грунтов до начала строительства с целью предотвращения отрицательных последствий переувлажнения.

Начальный этап исследований был направлен на установление согласно методикам [1-4] следующих физических характеристик грунта: плотности грунта, плотности сухого грунта, плотности твердых частиц, влажности, пористости, коэффициентов пористости и водонасыщения, числа пластичности и показателя текучести (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Физические характеристики исследуемого образца грунта

Наименование	Обозначение	Числовое значение
Влажность	$\omega, \%$	19,1
Плотность грунта	$\rho, \text{г/см}^3$	2,12
Плотность сухого грунта	$\rho_d, \text{г/см}^3$	1,78
Плотность твердых частиц	$\rho_s, \text{г/см}^3$	2,71
Пористость	$n, \%$	34,18
Коэффициент пористости	$e, \text{д.е.}$	0,52
Коэффициент водонасыщения	$S_r, \text{д.е.}$	1
Число пластичности	$I_p, \text{д.е.}$	8,8
Показатель текучести	$I_L, \text{д.е.}$	0,34

Полученные характеристики (см. табл. 1) позволили отнести исследуемый грунт к суглинкам, по консистенции – тугопластичные, что конкретизировало выбор методики дальнейшего направления исследований.

Способность связных грунтов удерживать влагу диктует необходимость проведения следующего этапа, который ориентирован на установление параметров набухания под действием влаги и внешних воздействий (нагрузок), т.е. модели условий эксплуатации объекта строительства. Эксперимент проводили на образцах грунта ненарушенного сложения с природной влажностью методом набухания [2-5]. Изменение параметров определяли по результатам испытаний в приборе компрессионного сжатия в условиях, исключающих возможность бокового расширения при насыщении грунта водой; выполняли оценку абсолютной деформации грунта Δh , мм, и относительной деформации ϵ .

Методика лабораторных испытаний следующая: компрессионное кольцо установили и закрепили в пробоотборнике; на установке для подготовки вырезали два одинаковых образца из одного монолита, торцы тщательно затирали в уровень рабочего кольца и обкладывали влажной фильтровальной бумагой. Один испытали по методу «свободное набухание», второй – «набухание под нагрузкой».

Один образец испытали методом набухания для определения свободного набухания [5]. Из списка методов испытания выбрали метод «свободное набухание», осуществили подготовку датчиков, при этом датчик вертикальной деформации выставили в диапазоне 9-10 мм. Схему испытания задавали в соответствии с действующим ГОСТом [5], а именно зафиксировали: для определения свободного набухания – время стабилизации 16 часов, критерий стабилизации – 0,01 мм; для определения давления набухания – ступень вертикального давления 10 кПа, время стабилизации – 1 час и критерий стабилизации – 0,01 мм. Водонасыщение образца грунта проводилось в течение опыта.

Обработка результатов испытаний позволила определить зависимость, представленную на рис. 1.

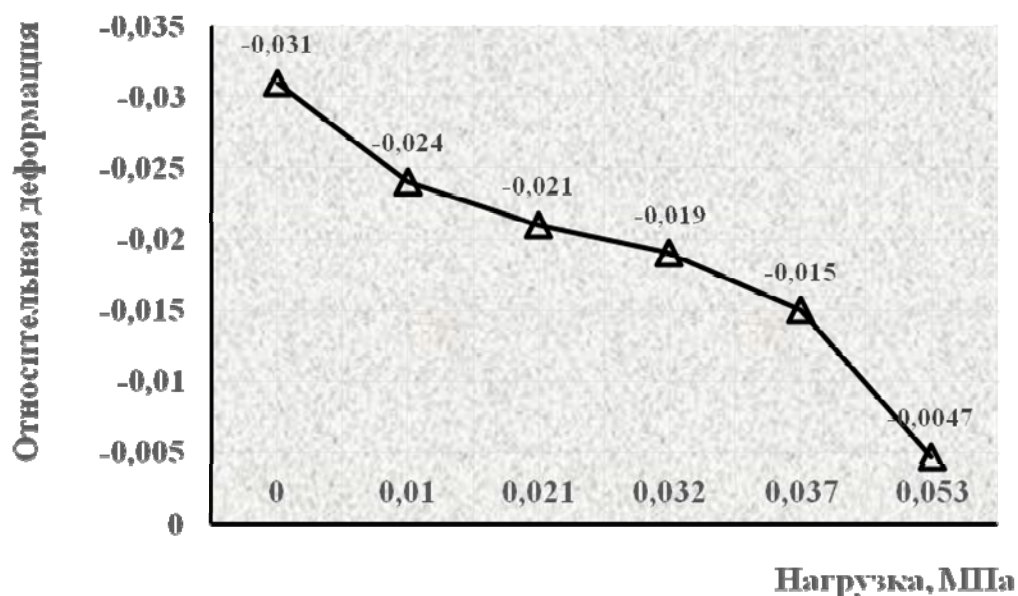


Рис. 1. Зависимость относительной деформации от вертикальной нагрузки

Дальнейшая задача исследователей геотехнических свойств заключалась в обработке полученных значений по методике [5], в результате получены данные (табл. 2, 3), необходимые для практической деятельности инженера в области проектирования и строительства.

Характеристики набухания грунта
по результатам испытания методом «свободное набухание»

Показатель	Значение
Относительная деформация набухания ϵ_{sw0}	0,022
Давление набухания p_{sw} , МПа	0,058
Влажность грунта после набухания w_{sw}	21,30

Испытания методом «набухание под нагрузкой ϵ_{sw} »

Показатель	Значение
Давление набухания p_{sw} , МПа	0,073
Влажность грунта после набухания w_{sw}	21,23

Второй образец грунта испытали методом набухания для определения деформаций набухания под нагрузкой ϵ_{sw} и давления набухания p_{sw} , МПа. Подготовку и принудительное водонасыщение образца грунта проводили по схеме, описанной выше.

Параметры нагружения в схеме испытания задавали в соответствии с [5]: степень вертикального давления – 50 кПа, время стабилизации – 16 часов, критерий стабилизации – 0,01 мм.

Водонасыщение второго образца грунта проводилось аналогично описанной выше методике. Фильтрацию дистиллированной воды через образец прекращали в тот момент, когда в процессе испытания вода появлялась в пустой колбе. Испытания проводили в автоматическом режиме.

Согласно методике [5], при обработке полученных данных установлена зависимость относительной деформации набухания во времени (рис. 2).

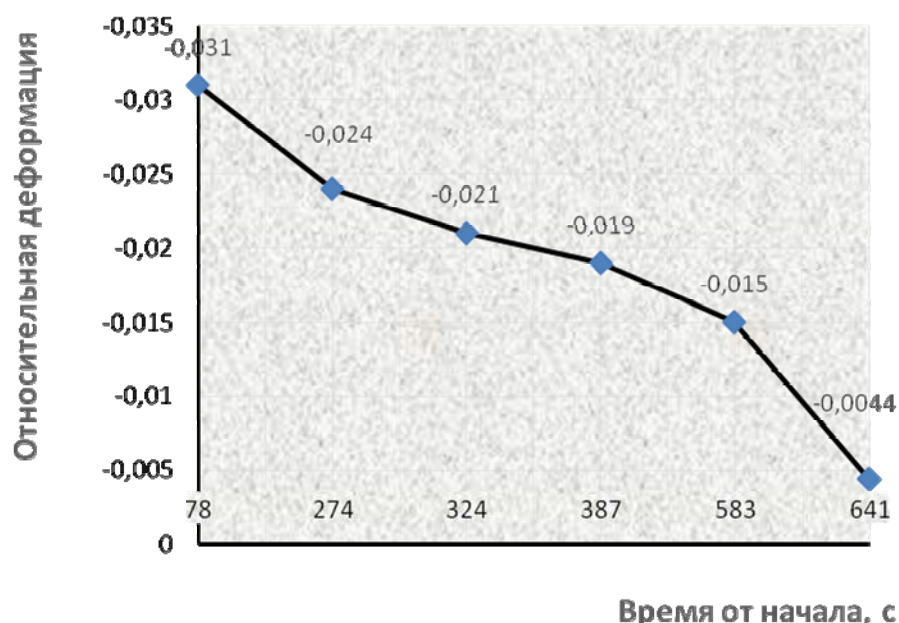


Рис. 2. Изменение относительных деформаций набухания образца во времени

Испытания глинистых грунтов методом набухания по методике [5] позволили установить значения физико-механических характеристик: свободного набухания ϵ_{sw0} , давления набухания p_{sw} и влажности грунта после набухания w_{sw} (см. табл. 3-4), а также зависимости относительных деформаций набухания образца от нагрузки и относительных деформаций набухания образца во времени (см. рис. 1, 2), что является актуальным и имеет практическую значимость как на стадии проектирования, так и для построенного и эксплуатируемого объекта.

Таким образом, научно-исследовательская работа обучающихся с применением методик современного оборудования и программного обеспечения позволяет не только приобрести навыки, но и на реальных объектах выполнить оценку геологической обстановки, учесть особенности грунта, используемого в качестве основания.

Активное строительство жилых и общественных зданий, а также объектов транспортной инфраструктуры требует освоения значительных территорий, не всегда отличающихся идеальными характеристиками. Качественно выполненная оценка инженерно-геологических и гидрогеологических характеристик грунтового основания позволяет застраивать новые территории и разрабатывать мероприятия по улучшению условий строительства и эксплуатации на набухающих грунтах. Конструктивные и технологические решения рекомендуется применять с учетом толщины грунтов, способных к набуханию и усадке.

Список литературы

1. Болдырев, Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов с комментариями к ГОСТ 12248-2010: монография / Г.Г. Болдырев. – 2-е изд., доп. и испр. – М.: ООО «Прондо», 2014. – 812 с.
2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf. Дата обращения: 18.01.2020.
3. ГОСТ 30416-2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. Дата обращения: 18.01.2020.
4. ГОСТ 5180-2015. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М., 2015.
5. ГОСТ 12248.6-2020. Метод определения набухания и усадки. – М., 2020.
6. ГОСТ 12248.4-2020. Определение характеристик деформируемости методом компрессионного сжатия. – М., 2020.
7. Тарасева, Н.И. Обзор методики применения приборов компрессионного сжатия и одноплоскостного среза в исследовательской деятельности магистрантов / Н.И. Тарасева, Ю.В. Грачева, А.С. Володин // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2020. – №2 (11). – С.67–72.

References

1. Boldyrev, G.G. Methods for determining the mechanical properties of soils with comments to GOST 12248-2010: monograph / G.G. Boldyrev. – 2nd ed., add. and ispr. – M.: LLC «Prondo», 2014. – 812 p.
2. GOST 25100-2011. Soils. Classification. – URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/geom/uchd/materialy/spetzkurs/gost_25100_2011.pdf. Date of application: 01/18/2020.
3. GOST 30416-2012. Soils. Laboratory tests. General provisions. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096093>. Date of application: 01/18/2020.
4. GOST 5180-2015. Methods of laboratory determination of physical characteristics. – M., 2015.
5. GOST 12248.6-2020. Method for determining swelling and shrinkage. – M., 2020.
6. GOST 12248.4-2020. Determination of deformability characteristics by compression compression method. – M., 2020.
7. Taraseeva, N.I. Review of the methodology for the use of compression compression and single-plane slice devices in the research activities of undergraduates / N.I. Taraseeva, Yu.V. Gracheva, A.S. Volodin // Bulletin of PGUAS: construction, science and education. – 2020. – №2 (11). – P.67–72.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Хрянина Ольга Викторовна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Геотехника и дорожное строительство»
E-mail: olgahryanina@mail.ru

Радаев Владимир Алексеевич,
магистрант
E-mail: mail.@radaewladimir.ru

Волков Кирилл Олегович,
студент
E-mail: kirill.volkov130062002@yandex.ru

Шереметьева Марина Ивановна,
студентка
E-mail: marinash2004@mail.ru

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Hryanina Olga Viktorovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
Department «Geotechnics and Road Construction»
E-mail: olgahryanina@mail.ru

Radaev Vladimir Alekseevich,
Master's student
E-mail: mail.@radaewladimir.ru

Volkov Kirill Olegovich,
Student
E-mail: kirill.volkov130062002@yandex.ru

Sheremetyeva Marina Ivanovna,
Student
E-mail: marinash2004@mail.ru

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОДОРОГИ ПУТЕМ ПОВЫШЕНИЯ ЕЁ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ИЗМЕНЕНИЯ КАТЕГОРИИ

О.В. Хрянина, В.А. Радаев, К.О. Волков, М.И. Шереметьева

Проведена оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги, геолого-гидрогеологических условий, и определены основные показатели инженерно-геологических свойств грунтов основания. Выявлены факторы, приводящие к ухудшению транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги. На основе анализа данных обследования даны рекомендации по реконструкции автодороги с целью увеличения количества полос движения для организации повышенной пропускной способности дороги и изменения её категории.

Ключевые слова: автомобильная дорога, транспортно-эксплуатационное состояние, инженерные сооружения, водопропускная труба, пропускная способность, категория дороги, реконструкция

THE EXPEDIENCY OF THE RECONSTRUCTION OF THE HIGHWAY BY INCREASING THE CAPACITY AND CHANGING ITS CATEGORY

O.V. Hryanina, V.A. Radaev, K.O. Volkov, M.I. Sheremetyeva

The assessment of the transport and operational condition of the highway, geological and hydrogeological conditions was carried out and the main indicators of the engineering and geological properties of the foundation soils were determined. The factors leading to the deterioration of the transport and operational condition of the highway have been identified. Based on the analysis of the survey data, recommendations are given for the reconstruction of the highway in order to increase the number of traffic lanes for the organization of increased road capacity and change its category.

Keywords: highway, transport and operational condition, engineering structures, culvert, capacity, road category, reconstruction

Введение. Большинство существующих автомобильных дорог в Пензенской области запроектированы и построены более двадцати лет назад. В настоящее время значительно увеличились трафик и грузоподъемность автотранспорта, плотность по-

тока. Соответственно многократно возросла нагрузка на дорожное покрытие и земляное полотно.

Дорожными организациями различных уровней принимаются управленческие решения для снижения воздействия сверхнормативных нагрузок на дорожные одежды и земляное полотно автомобильных дорог. Если не соблюдать этих требований, то произойдет быстрый износ и разрушение автомобильных дорог. Однако уровень развития и техническое состояние дорожной сети существенно и многообразно влияют на экономическое и социальное развитие как отдельных регионов, так и страны в целом. Поэтому для качественной работы автомобильного транспорта наилучшим вариантом являются одновременное повышение допустимой осевой нагрузки и средней скорости движения автомобилей [1–4].

Как следствие всего вышеперечисленного возникает необходимость преждевременной реставрации и ремонта дорожной одежды, а иногда и существующего земляного полотна [5, 6]. Повышение прочности и несущей способности автодорог до состояния, соответствующего современным условиям эксплуатации, требует ощутимых для заказчика трудозатрат и капиталовложений.

С учетом сложившейся ситуации на ближайший период времени наиболее эффективным способом повышения производительности транспортного средства является увеличение не грузоподъемности, а средней скорости передвижения автомобилей. При реконструкции необходимо повысить геометрические параметры плана, продольного и поперечного профиля, расширить проезжую часть, организовать краевые укрепленные полосы и укрепить обочины, улучшить качество покрытия и повысить скорость движения.

Рекомендуется улучшить качество обслуживания дорог и организацию дорожного движения, создав полный комплекс дорожного сервиса. Перестройка дорог требует значительных инвестиций, намного превышающих затраты на вышеупомянутые меры. Реализацию данных мероприятий следует проводить адресно там, где невозможно провести полную реконструкцию дороги. Следует выполнить комплекс работ по увеличению скорости движения, уделяя внимание безопасности транспортного движения.

Перед авторами возникла необходимость усовершенствовать **алгоритм действий и оценки** транспортно-эксплуатационного состояния дороги, что позволило решить задачу целесообразности реконструкции конкретного объекта.

Необходимость реконструкции автомобильной дороги рассмотрим на примере дороги, расположенной в селе Засечном, Пензенского района, Пензенской области. На данный момент действующая двухполосная автомобильная дорога характеризуется интенсивностью движения, значительно превышающей допустимые величины для существующей III категории дороги; образованием пробок при движении в часы пик и выходные дни в месте примыкания автодороги к ул. Терновского; застраиванием прилегающих территорий и организацией выездов с прилегающих промышленных площадок (рис. 1).



Рис. 1. Участок автомобильной дороги «г. Пенза – р.п. Шемьшейка – с. Лопатино» до реконструкции

Категория дороги зависит от её пропускной способности, то есть от количества транспортных средств в единицу времени, при котором соблюдаются требования безопасности и комфортного управления автомобилем в транспортном потоке. Определены расчётная среднесуточная среднегодовая **интенсивность движения автотранспорта** на реконструируемом участке по обоим направлениям с прогнозом на 20 лет (рис. 2) и **состав транспортного потока** (табл.1).

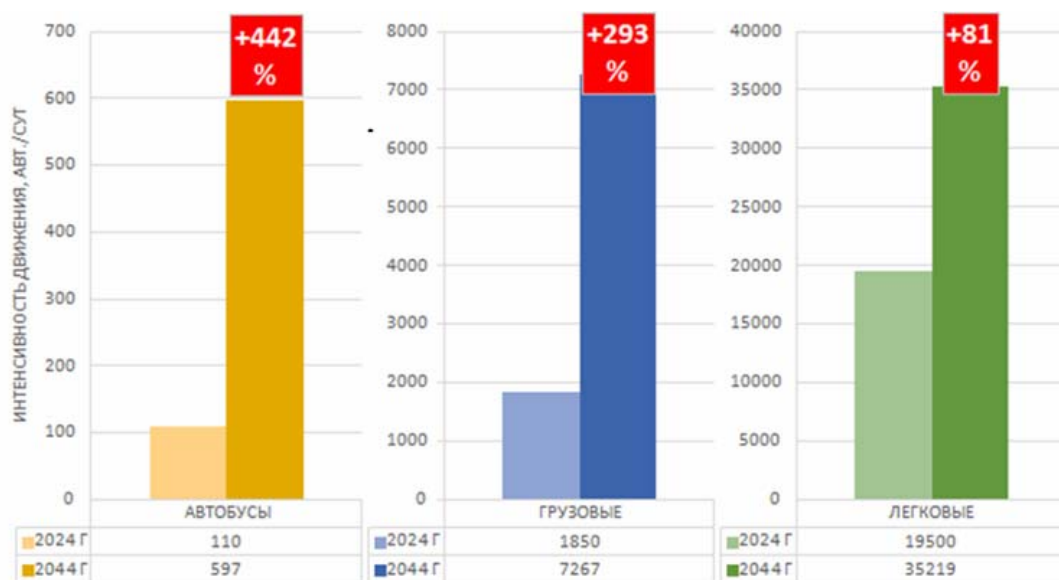


Рис. 2. Прогнозная (перспективная) интенсивность движения автомобильного транспорта на 20 лет

Т а б л и ц а 1.

Состав транспортного потока

Вид транспорта	Интенсивность движения, авт/сут
2024 год	21475
В т.ч. по составу ср. сут. авт.	
Легковые (B)	19500
Автобусы (D)	110
Грузовые (C)	1865
Удельный вес, %	
Легковые (B)	90,8
Автобусы (D)	0,51
Грузовые (C)	8,68
Из них в %	
Двухосные грузовые автомобили (C1)	1,77
Трёхосные грузовые автомобили (C2)	2,89
Пятиосные седельные автопоезда (C8)	4,0
Автомобили с семью и более осями (C11)	0,02

По данным учёта интенсивности движения на рассматриваемом участке, состав движения характеризуется преобладанием в потоке легкового автотранспорта (90 %). В составе грузового автотранспорта пятиосные седельные автопоезда (C8) составляют в среднем 4 % от общего потока. Среднегодовой прирост интенсивности движения принят 3 %.

После реконструкции дорога будет относиться ко II категории с расчетной нагрузкой 115 кН и иметь четыре полосы движения. Протяженность автомобильной дороги по программе работ составляет 4500 м. Фактически общая протяженность

реконструируемого участка автомобильной дороги составляет 4,84 км. Местоположение автомобильной дороги определено на рис. 3.



Рис. 3. Карта-схема местоположения автомобильной дороги

Земляное полотно. Перед началом производства работ по возведению земляного полотна предусматривается срезка почвенно-растительного слоя с откосов насыпи и части подошвы, который используется в дальнейшем для укрепления обочин и откосов земляного полотна автомобильной дороги.

Существующая дорожная одежда разбирается и вывозится на полигон ТБО.

При устройстве земляного полотна автодорог применяются непучинистые грунто-вые материалы, например песок с коэффициентом фильтрации не менее 2 м/сут.

При возведении насыпей земляного полотна в летний период из непылеватых песков допустимая влажность при уплотнении не ограничивается. Влажность грунтов отсыпки должна быть близка к оптимальной. При недостаточной влажности грунтов в летний период рекомендуется производить полив грунтов водой при уплотнении. При возведении насыпей в зимний период влажность не должна быть более 1,3 оптимальной влажности для песчаных и непылеватых супесчаных грунтов.

Отсыпка грунта в дорожную насыпь производится от краев к середине слоями не более 30 см. В целях уплотнения грунта в краевых частях, прилегающих к откосу, ширина отсыпки, как правило, должна быть больше проектного очертания насыпи на 0,3–0,5 м с каждой стороны. Излишний грунт необходимо убрать при планировке откосов на завершающем этапе возведения насыпи.

Выбор грунтоуплотняющего средства для зимних земляных работ по сравнению с летними условиями производства работ должен осуществляться по скорректированным принципам и критериям. Для снижения скорости смерзания грунта и возможности быстрого уплотнения возведение насыпи рационально вести слоями не менее 40–50 см, а также узкими по ширине захватками (не более 3–4 полос, каждая из которых равна ширине уплотнения катка). В условиях низких температур (минус 20–30°C) длину захваток следует сокращать до минимума в 20–30 м.

Для уплотнения грунта при строительстве в зимнее время рекомендуется использовать самоходные шарнирно-сочлененные виброкатки с гладкими или кулачковыми вальцами. Они имеют вибровальцовый модуль весом не ниже 7–8 т (общий вес вместе с тракторным модулем около 12,5–13 т).

Толщина уплотняемого слоя и количество проходов по одному следу уточняется методом пробного уплотнения.

Для устойчивости земляного полотна и исключения его деформаций разработаны два типа поперечных профилей насыпи:

- тип 1 – на участках насыпи высотой до 6 метров по бровке земляного полотна, крутизна откоса – 1:1,5;

- тип 2 – на участках насыпи высотой до 6 метров по бровке земляного полотна, крутизна откоса – 1:3.

На участке с ПК0+00 до ПК10+60 поперечные профили земляного полотна запроектированы корытного типа. Предусмотрен дренирующий слой песка под дорожной одеждой, обеспечивающий дренирование воды в кювет, с последующим отводом в водоотводные сооружения.

Поперечный профиль – двускатный. Поперечный уклон проезжей части – 20 ‰, поперечный уклон обочин – 40‰.

Ширина полосы движения – 3,5 м. Число полос движения – 4 шт.

Ширина проезжей части – 14 м.

Ширина тротуара составляет 2,25 м. Уклон тротуаров – 10 ‰.

Ширина зеленой зоны между проезжей частью и тротуаром – 2 м.

Продольный профиль максимально запроектирован по огибающей из условий:

- увязки начала и конца проектируемого участка;
- выравнивания и усиления либо полной замены дорожной одежды;
- минимизации протяжённости участков разборки;
- обеспечения нормативного продольного уклона и радиусов вертикальных кривых;
- обеспечения поверхностного водоотвода.

Т а б л и ц а 2

Основные технические показатели проектной линии продольного профиля

Показатели	Нормативные
Расчётная скорость, км/ч	60 (п. 11.6 СП42.13330.2016)
Минимальный радиус вертикальных кривых:	
а) выпуклых, м	1700
б) вогнутых, м	600
Максимальный продольный уклон, ‰	70

Для обеспечения безопасности и удобства движения по автодороге, а также обслуживания проезжающих автомобилей проектной документацией предусматриваются установка дорожных знаков и указателей направления движения транспорта, организация защиты пешеходов перильным ограждением, установка барьерного ограждения и устройство горизонтальной и вертикальной разметки проезжей части.

Поверхностные воды отводятся с проезжей части дороги поперечным уклоном 20‰ и продольным проектным уклоном не более 40‰. Для предохранения земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами предусматривается отведение поверхностных вод по дорожному полотну до пересекающих дорог, обустроенных водоотводящими канавами (кюветами), с последующим отведением по существующей системе ливневых стоков.

Для предохранения откосов земляного полотна от разрушения их укрепляют слоем грунта с посевом семян многолетних трав на участках с продольным уклоном по дну кювета не более 20‰, а на участках с продольным уклоном – до 40‰, укрепление дна кювета выполняется монолитным бетоном В15 с устройством подстилающего слоя из щебня М400 фр. 22,4-31,5 мм.

Конструкция дорожной одежды. Среднее значение толщины существующего покрытия из асфальтобетона – 0,15 м; основания из щебня – 0,3 м, основания из песка – 0,18 м. Общая мощность дорожной одежды изменяется от 0,63 до 0,67 м. Данная конструкция дорожной одежды при изменении категории дороги требует реконструкции.

Разработана конструкция дорожной одежды капитального типа исходя из грунтово-геологических условий района проектирования, транспортно-эксплуатационных требований, с учетом категории проектируемой автодороги и на основании технико-экономического сравнения (табл. 3).

Рекомендуемый вариант конструкции дорожной одежды

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см
Вариант № 1 (Рекомендуемый)	1. Верхний слой покрытия — щебеночно-мастичный асфальтобетон на битумном вяжущем марки БНД 70/100, с максимальным размером зёрен 16 мм	
	2. Нижний слой покрытия — Асфальтобетон на битумном вяжущем марки БНД 70/100, с максимальным размером зёрен 22 мм	
	— Геосетки стеклянные армирующие марки РГК Г (ГЛГ-ПЛ) 5/5	
	3. Верхний слой основания — Асфальтобетон для основания на битумном вяжущем марки БНД 70/100, с максимальным размером зёрен 32 мм	
	4. Основание — Щебень фракционированный 31,5 - 63 мм легкоуплотняемый с заклиной фракционированным мелким щебнем	
	5. Дополнительный слой основания — Песок мелкий, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%	
	Грунт земляного полотна — Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%	

Срок службы дорожной одежды при расчете перспективной интенсивности движения принят равным 24 годам, уровень надежности 0,92 в соответствии с табл.5 ПНСТ 542-2021. Расчетная нагрузка при расчете дорожной одежды принята А 11,5.

Искусственные сооружения. Основная цель обследования искусственных сооружений заключается в восстановлении транспортно-эксплуатационного состояния объекта; поэтому обоснование типа и конструктивных решений искусственных сооружений принималось исходя из следующих условий: надежности и долговечности сооружений; стоимости сооружений, в том числе стоимости выполнения работ; наличия необходимых ресурсов; сроков строительства; максимальной унификации размеров и отверстий; характерных особенностей плана, продольного и поперечного профилей в местах устройства искусственных сооружений; характеристики местности прокладки трассы; характера водотока.

Водопропускная труба ПК16+20,00. Конструкции трубы приняты из сборного железобетона по типовому проекту [6]. Труба двухчочковая железобетонная круглая длиной 34,14 м, диаметром 1,5 м. Общая длина трубы с открьлками порталных стен составляет 38,73 м. Труба выполнена с уклоном 19%. Технические параметры автомобильной дороги над трубой соответствуют II категории. Ширина проезжей части 14 м.

Водопропускная труба ПК33+40,00. Конструкции трубы приняты из сборного железобетона по ТП [6]. Труба двухчочковая железобетонная круглая длиной 37,18 м, диаметром 1,5 м. Общая длина трубы с открьлками порталных стен составляет 41,77 м. Труба выполнена с уклоном 7,05 %. Технические параметры автомобильной дороги над трубой соответствуют II категории. Ширина проезжей части 14 м.

Подпорная стена ПК1+0,00-1+54,00. Подпорная стена необходима для сохранения благоустройства на прилегающей территории.

Длина монолитной железобетонной подпорной стены консольного типа в плане составляет 34 м. Железобетонная подпорная стена изготовлена из бетона класса В25, арматуры А400 Ø10 и А240 Ø8. В основании подпорной стены выполнена подготовка из бетона класса В7,5. Подпорная стенка выполняется с устройством деформацион-

ного шва. Боковые поверхности подпорных стен, соприкасающиеся с грунтом, обмазываются двумя слоями горячего битума.

При реконструкции возникла необходимость полной замены существующих искусственных сооружений – водопропускных труб. Перекрытие оживленного участка трассы может вызвать определенные трудности при реконструкции и устройстве дополнительных полос, так как существующая дорога должна эксплуатироваться. Решением проблемы в этом случае становится бестраншейная или закрытая прокладка труб методом горизонтального направленного бурения (ГНБ). Временная труба обеспечивает проход воды под насыпью дороги во время устройства новой водопропускной трубы и демонтажа старой.

Заключение. Реконструкция автомобильной дороги необходима в связи с наличием следующих обстоятельств:

1) резкое увеличение транспортных средств, как легковых, так и грузовых, в связи с этим высокая интенсивность движения транспортного потока, исчерпание пропускной способности, низкий уровень эксплуатационного обслуживания транспортных потоков;

2) количество полос движения на действующей дороге недостаточно для удовлетворения потребностей экономики и населения, так как на настоящий момент это дорога, ведущая к социально значимым объектам, в том числе образовательным учреждениям, туристическим объектам, и имеет большое значение для промышленного производства, в связи с этим в должной мере не обеспечивается условие безопасного дорожного движения;

3) плохое развитие логистической инфраструктуры;

4) высокие темпы жилищного строительства, комплексов промышленности и торговли.

Учитывая все вышеизложенное и анализ данных обследования, приходим к выводу, что необходимо провести реконструкцию участка автомобильной дороги «г. Пенза – р.п. Шемышейка – с. Лопатино», Пензенского района, Пензенской области, протяженностью 4,84 км путем повышения ее пропускной способности и изменения категории.

Итак, реконструкция автодорог положительно отражается на их характеристиках, значительно улучшаются эксплуатационное состояние и инженерное оборудование дорог, увеличиваются межремонтный цикл и период межремонтного обслуживания, а применение современных методов и способов проведения реконструкции обеспечит экономию используемых финансовых, материальных, энергетических и трудовых ресурсов на содержание и эксплуатацию автомобильных дорог, повысит безопасность дорожного движения, будет способствовать ускорению социально-экономического развития региона в целом.

Список литературы

1. Новик, В.А. Эксплуатационные свойства автомобильных дорог / В.А. Новик, Е.И. Бельский // *Alfabuild*. – 2018. – 1 (3). – С.65–75.

2. Хрянина, О.В. Исследование транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги общего пользования на примере улиц Гражданская–Производственная в г. Каменке / О.В. Хрянина, Е.С. Саксонова, Д.В. Абаев // *Строительство и архитектура*. – 2019. – №. 4. – С. 68–73. – DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2019-7-4-68-73> (дата обращения: 17.03.2021).

3. Хрянина, О.В. Оценка эффективности устройства водопропускной трубы при строительстве автомобильной дороги федерального значения / О.В. Хрянина, Е.С. Саксонова, Д.В. Абаев, В.А. Радаев // *Строительство и архитектура*. – 2019. – №. 4. – С. 63–67. – DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2019-7-4-63-67> (дата обращения: 17.03.2021).

4. Лазарев, Ю.Г. Формирование потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог / Ю.Г. Лазарев, Д.Л. Симонов, А.Н. Новик // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2016. – № 1(35). – С. 43–47.

5. Васильев, А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД) / А.П. Васильев, Э.В. Дингес, М.С. Коганзон // Информавтдор. – 2004. – Т. 2. – С. 507.

6. Типовой проект «Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог» Шифр 1484. Выпуск 0-2. Трубы для автомобильных дорог». Введены в действие 30.05.2002.

References

1. Novik, V.A. Operational properties of highways / V.A. Novik, E.I. Belsky // *Alfabuild*. – 2018. – 1 (3). – P.65–75.

2. Khryanina, O.V. Investigation of the transport and operational condition of a public highway on the example of Civil-Industrial streets in Kamenka / O.V. Khryanina, E.S. Saksonova, D.V. Abaev // *Construction and architecture*. – 2019. – No. 4. – P. 68–73. – DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2019-7-4-68-73> (date of application: 03/17/2021).

3. Khryanina, O.V. Assessment of the effectiveness of the culvert installation during the construction of a federal highway / O.V. Khryanina, E.S. Saksonova, D.V. Abaev, V.A. Radaev // *Construction and architecture*. – 2019. – No. 4. – P. 63–67. – DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2019-7-4-63-67> (date of reference: 03/17/2021).

4. Lazarev, Yu.G. Formation of consumer and operational properties of highways / Yu.G. Lazarev, D.L. Simonov, A.N. Novik // *Technical and technological problems of service*. – 2016. – No. 1(35). – P. 43–47.

5. Vasiliev, A.P. Repair and maintenance of highways: Reference encyclopedia of a roadworker (SED) / A.P. Vasiliev, E.V. Dinges, M.S. Koganzon // *Informavtodor*. – 2004. – Vol. 2. – P. 507.

6. Standard project «Culvert round reinforced concrete prefabricated pipes for railways and highways» Cipher 1484. Issue 0-2. Pipes for highways». Put into effect on 30.05.2002.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

STANDARDIZATION AND QUALITY MANAGEMENT

УДК 005.62

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Крамор Диана Дмитриевна,
студентка
E-mail: kramordiana@gmail.com

Максимова Ирина Николаевна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Управление качеством и технология
строительного производства»
E-mail: maksimovain@mail.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Kramor Diana Dmitrievna,
Student
E-mail: kramordiana@gmail.com

Maksimova Irina Nikolaevna,
Candidate of Sciences, Assistant Professor of the
Department «Management of Quality and
Technology of Construction Production»
E-mail: maksimovain@mail.ru

СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЖАРОЧНОГО ШКАФА

Д.Д. Крамор, И.Н. Максимова

Статистическое регулирование разладки технологического процесса осуществляют с помощью контрольных карт, которые являются наглядным графическим средством представления результатов контроля. На примере производства электрического жарочного шкафа рассмотрено построение контрольных карт Шухарта, сделан вывод об изменчивости технологического процесса на предприятии, изготовляющем жарочные шкафы.

Ключевые слова: статистические методы, контрольные карты, карты Шухарта, \bar{x} -карта, s-карта

STATISTICAL REGULATION BY MEANS OF CONTROL CARDS ON THE EXAMPLE OF PRODUCTION ELECTRIC FRYING PAN

D.D. Kramor, I.N. Maksimova

Statistical regulation of the breakdown of the technological process is carried out using control cards, which are a visual graphical means of presenting control results. Using the example of the production of an electric frying cabinet, the construction of Shuhart control cards is considered, and a conclusion is made about the variability of the technological process at the enterprise manufacturing frying cabinets.

Keywords: statistical methods, control maps, Schuhart's cards, \bar{x} -cards, s-cards

Выявление разладки технологического процесса основывается на результатах периодического контроля малых выборок, осуществляемого по количественному или альтернативному признаку. Для каждого из этих способов контроля используются разные статистические методы регулирования. Статистическое регулирование осуществляют с помощью контрольных карт, которые являются наглядным графическим средством представления результатов контроля наряду с другими инструментами качества [1, 2].

Контрольная карта – график с контрольными границами, на который наносят в установленном порядке значения статистического показателя в соответствии с последовательностью выборок, используемые для управления процессом. В свою очередь, контрольная граница – это значение статистики, определяющее уровень стабильности рассматриваемой характеристики. На контрольной карте могут быть представлены одна или две контрольные границы.

Контрольные карты подразделяют на три основных вида [3].

1) Карты Шухарта – контрольные карты с контрольными границами Шухарта, предназначенные для разделения причин изменчивости контролируемой характеристики на случайные и специальные.

В зависимости от того, по каким статистическим характеристикам осуществляют статистическое регулирование, различают несколько видов контрольных карт Шухарта: карты средних арифметических значений (\bar{x} -карта); карты медиан (\tilde{x} -карта); карты среднеквадратических отклонений (s -карта); карты размахов (R -карта); контрольные карты скользящих размахов (R_m -карта); контрольные карты индивидуальных значений (X -карта); карты доли дефектных единиц продукции (p -карта); карты числа дефектных единиц продукции (np -карта); карты числа дефектов (c -карта); карты числа дефектов на единицу продукции (u -карта).

Величиной, которая характеризует количество определенных событий, может выступать, например, количество забракованных деталей и количество рекламаций за определенный период. В области качества событиями являются число несоответствий и доля несоответствующих единиц продукции в выборках различного объема.

2) Приемочные карты позволяют осуществлять слежение за ходом технологического процесса и его регулирование, а также контроль продукции, направленный на то, чтобы фактический уровень несоответствий данной продукции не превышал установленного уровня несоответствий NQL .

3) Адаптивные контрольные карты применяют в том случае, когда возможно регулирование процесса и когда необходимо строгое отслеживание стандартных уровней, что предполагает применение моделей прогноза с различной степенью сложности для предсказания хода процесса s по его текущему состоянию и внесения своевременной корректировки при отклонении процесса от стандартного уровня.

Перечисленные контрольные карты трех основных видов работают с выборочными данными по количественному или альтернативному признаку: контрольные карты для количественных данных используют в ситуации, когда результатами наблюдений являются непрерывные величины; контрольные карты для альтернативных данных применяют в ситуации, когда результатами наблюдений являются натуральные числа или категоризированные данные.

На примере производства электрического жарочного шкафа рассмотрим использование контрольных карт Шухарта для количественных данных. Продукция, электрический шкаф жарочный встраиваемый, производимый ООО «СВАР», должна соответствовать требованиям [4, 5]; в частности, одно из требований – ток утечки не более 0,75 мА.

В табл. 1 приведены статистические данные тока утечки, мА, в электрических шкафах жарочных, изготавливаемых ООО «СВАР», полученные через приблизительно равные интервалы (каждая партия).

Статистические данные тока утечки в электрических шкафах жарочных

№ п/п	Ток утечки, мА	№ п/п	Ток утечки, мА	№ п/п	Ток утечки, мА
1	0,53	21	0,5	41	0,57
2	0,48	22	0,53	42	0,63
3	0,56	23	0,4	43	0,55
4	0,42	24	0,42	44	0,54
5	0,3	25	0,42	45	0,55
6	0,39	26	0,44	46	0,58
7	0,38	27	0,4	47	0,57
8	0,46	28	0,49	48	0,6
9	0,54	29	0,52	49	0,57
10	0,49	30	0,31	50	0,62
11	0,58	31	0,34	51	0,5
12	0,37	32	0,3	52	0,42
13	0,39	33	0,34	53	0,58
14	0,4	34	0,37	54	0,34
15	0,45	35	0,45	55	0,43
16	0,39	36	0,47	56	0,44
17	0,35	37	0,44	57	0,48
18	0,52	38	0,45	58	0,41
19	0,39	39	0,51	59	0,58
20	0,34	40	0,41	60	0,48

Карты средних (\bar{x} -карты) и карты размахов (R -карты) применяют в случае, когда объем выборки небольшой или умеренный (обычно n менее 10). В случае больших объемов выборки ($n \geq 10$) предпочтительно использование \bar{x} -карты и s -карты, так как при увеличении объема выборки размах становится менее эффективным в качестве оценки стандартного отклонения процесса. Таким образом, рассмотрим применение \bar{x} -карты и s -карты.

Распределение выборок

№	Номер выборки (подгруппы)					
	1	2	3	4	5	6
x_1	0,53	0,58	0,5	0,34	0,57	0,5
x_2	0,48	0,37	0,53	0,3	0,63	0,42
x_3	0,56	0,39	0,4	0,34	0,55	0,58
x_4	0,42	0,4	0,42	0,37	0,54	0,34
x_5	0,3	0,45	0,42	0,45	0,55	0,43
x_6	0,39	0,39	0,44	0,47	0,58	0,44
x_7	0,38	0,35	0,4	0,44	0,57	0,48
x_8	0,46	0,52	0,49	0,45	0,6	0,41
x_9	0,54	0,39	0,52	0,51	0,57	0,58
x_{10}	0,49	0,34	0,31	0,41	0,62	0,48
\bar{x}	0,455	0,418	0,443	0,408	0,578	0,466
\bar{X}	0,461					
s	0,082	0,077	0,068	0,068	0,0301	0,075
\bar{s}	0,067					

Найдем контрольные границы для построения s -карты. Для этого нужно определить среднее арифметическое \bar{s} выборочных стандартных отклонений шести подгрупп измерений. В свою очередь, выборочное стандартное отклонение, полученное по значениям подгруппы, s , находим по п. 3.2 [6].

В ходе решения получаем, что $\bar{s} = 0,067$. Затем из таблицы коэффициентов для нахождения линий контрольных карт [6, табл. 2] для количества наблюдений в

подгруппе $n = 10$ находим значение $B_4 = 1,716$ для определения верхней контрольной границы U_{CL} и $B_3 = 0,284$ для нахождения нижней контрольной границы L_{CL} :

$$U_{CL} = B_4 \cdot \bar{s} = 1,716 \cdot 0,067 = 0,114,$$

$$L_{CL} = B_3 \cdot \bar{s} = 0,284 \cdot 0,067 = 0,019.$$

Теперь можем найти контрольные границы для карты средних (\bar{x} -карты), выбрав значения A_3 из [6, табл. 2] для $n = 10$:

$$U_{CL} = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{s} = 0,461 + 0,975 \cdot 0,067 = 0,526,$$

$$L_{CL} = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{s} = 0,461 - 0,975 \cdot 0,067 = 0,396.$$

После определения контрольных границ для s -карты и \bar{x} -карты мы можем построить и сами контрольные карты Шухарта с целью определения состояния статистической управляемости процесса (рис. 1).

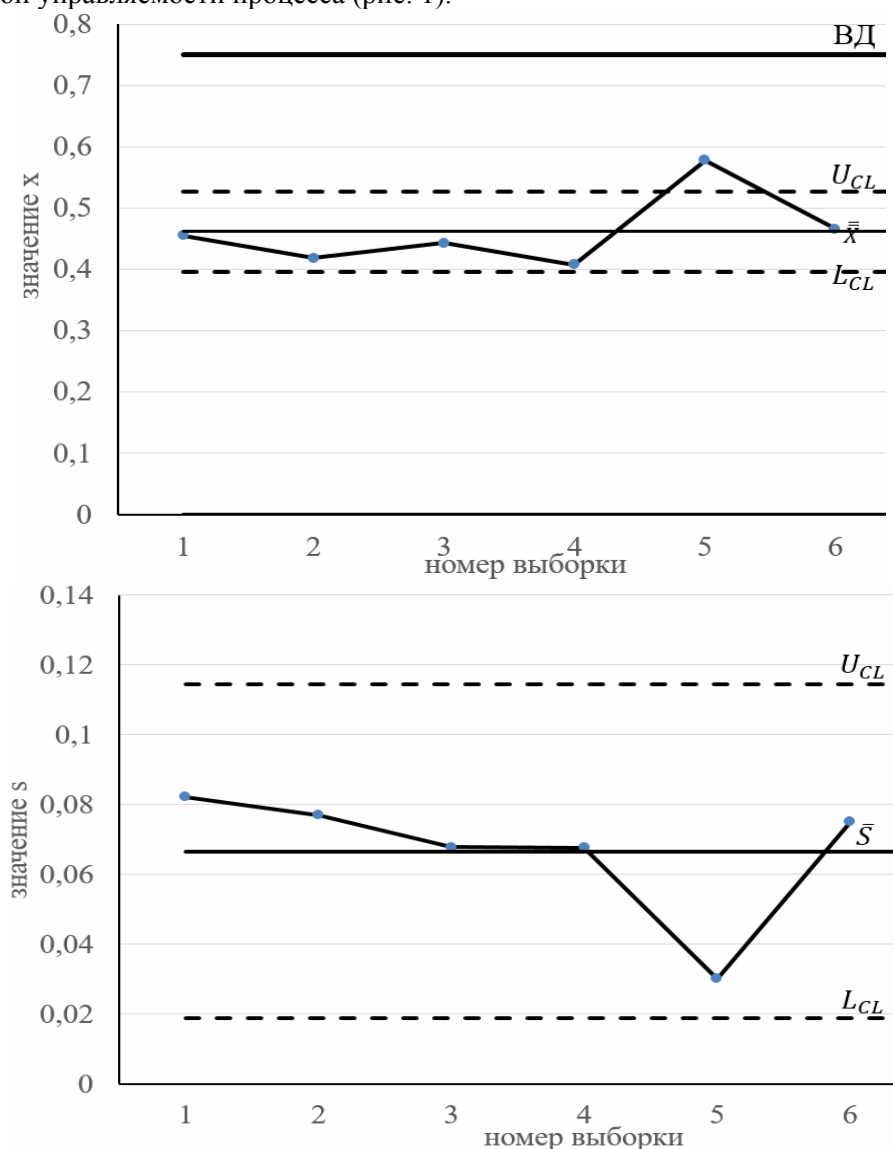


Рис. 1. Контрольные карты Шухарта: \bar{x} -карта и s -карта

На каждой из контрольных карт сплошная линия обозначает среднее арифметическое используемого статистического показателя; на каждой карте также показаны две пунктирные линии, обозначенные как верхняя контрольная граница и нижняя контрольная граница. Расстояние от контрольных границ до линии среднего значения зависит от размера выборки и среднего размаха.

Анализ контрольных карт Шухарта (см. рис. 1) показывает возможность потери контроля. Видно, что в пятой выборке на \bar{x} -карте точка выходит за верхнюю контрольную границу, а на s-карте в этой же выборке точка стремится к нижней границе намного сильнее остальных. Это говорит о нестабильности процесса и возможности появления брака в данной выборке.

В результате анализа производственного процесса было выявлено, что шкафы жарочные из пятой выборки были изготовлены с использованием электрического провода новой партии, у которого были обнаружены повреждения изоляции, приведшие к увеличению показателя тока утечки.

После замены непригодных элементов в шкафах были получены новые данные, проведены новые расчеты и построены карты аналогичным образом (рис. 2).

Т а б л и ц а 2

Статистические данные тока утечки в электрических шкафах жарочных после замены непригодного провода

№ п/п	Ток утечки, мА	№ п/п	Ток утечки, мА	№ п/п	Ток утечки, мА
1	0,53	21	0,34	41	0,51
2	0,48	22	0,5	42	0,41
3	0,56	23	0,53	43	0,48
4	0,42	24	0,4	44	0,35
5	0,3	25	0,42	45	0,51
6	0,39	26	0,41	46	0,32
7	0,38	27	0,44	47	0,55
8	0,46	28	0,4	48	0,48
9	0,57	29	0,49	49	0,4
10	0,49	30	0,52	50	0,45
11	0,58	31	0,31	51	0,57
12	0,37	32	0,34	52	0,33
13	0,39	33	0,3	53	0,5
14	0,4	34	0,34	54	0,42
15	0,45	35	0,49	55	0,58
16	0,37	36	0,33	56	0,34
17	0,35	37	0,47	57	0,43
18	0,52	38	0,44	58	0,44
19	0,39	39	0,44	59	0,48
20	0,41	40	0,58	60	0,38

Распределение выборок

№	Номер выборки (подгруппы)					
	1	2	3	4	5	6
x_1	0,53	0,58	0,5	0,34	0,48	0,5
x_2	0,48	0,37	0,53	0,3	0,35	0,42
x_3	0,56	0,39	0,4	0,34	0,51	0,58
x_4	0,42	0,4	0,42	0,49	0,32	0,34
x_5	0,3	0,45	0,41	0,33	0,55	0,43
x_6	0,39	0,37	0,44	0,47	0,48	0,44
x_7	0,38	0,35	0,4	0,44	0,4	0,48
x_8	0,46	0,52	0,49	0,44	0,45	0,41
x_9	0,57	0,39	0,52	0,51	0,57	0,58
x_{10}	0,49	0,34	0,31	0,41	0,33	0,38
\bar{x}	0,458	0,416	0,442	0,407	0,444	0,456
$\bar{\bar{X}}$	0,437					
s	0,086	0,078	0,068	0,075	0,0902	0,079
\bar{s}	0,079					

Находим контрольные границы:

- для s -карты

$$U_{CL} = B_4 \cdot \bar{s} = 1,716 \cdot 0,079 = 0,135;$$

$$L_{CL} = B_3 \cdot \bar{s} = 0,284 \cdot 0,079 = 0,022;$$

- для карты средних (\bar{x} -карты):

$$U_{CL} = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{s} = 0,437 + 0,975 \cdot 0,079 = 0,514;$$

$$L_{CL} = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{s} = 0,437 - 0,975 \cdot 0,079 = 0,360.$$

Строим контрольные карты Шухарта по результатам коррекции технологического процесса (см. рис. 2).

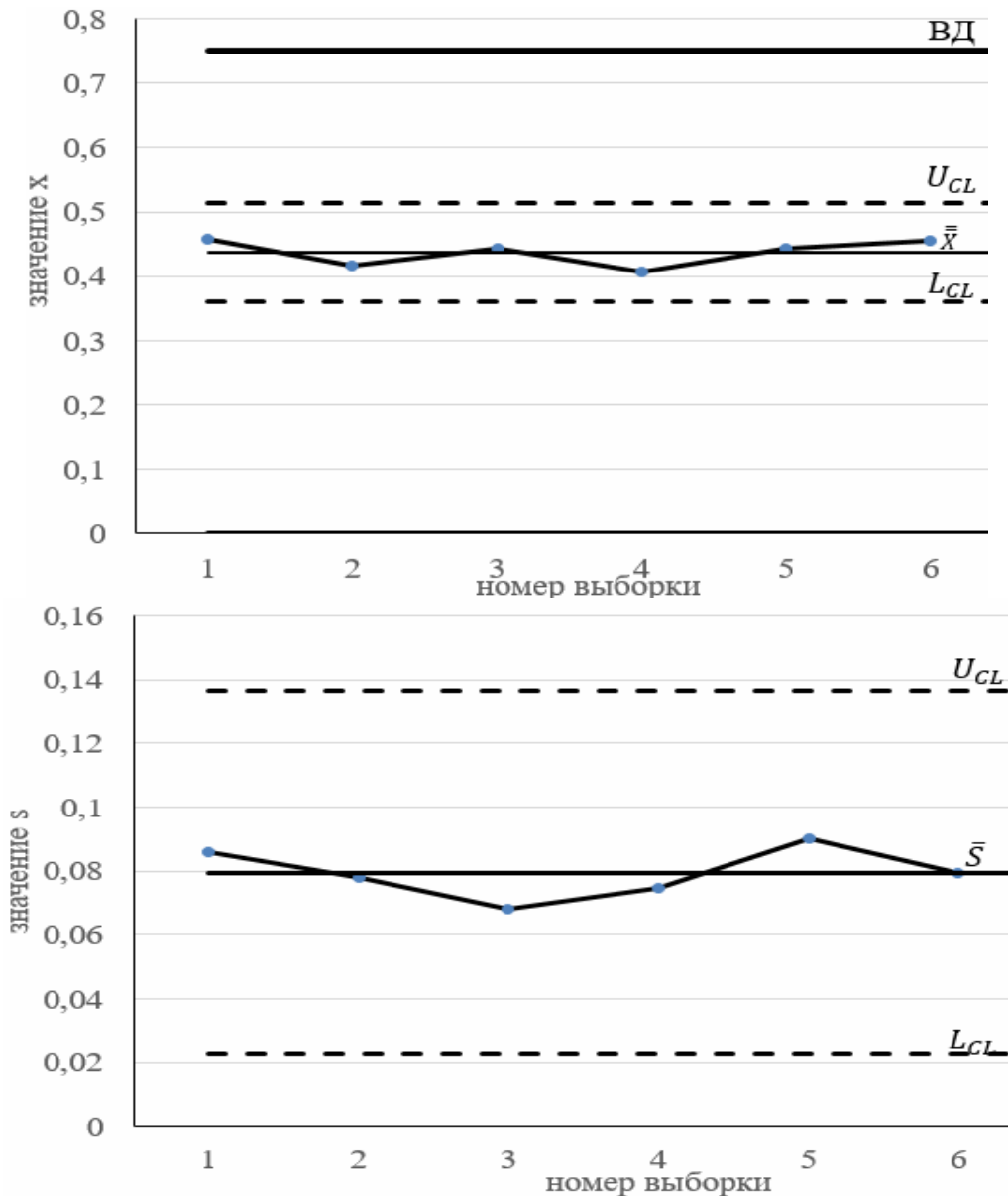


Рис. 2. Контрольные карты Шухарта (\bar{x} -карта и s -карта), построенные по результатам коррекции технологического процесса

В результате анализа контрольных карт Шухарта, построенных по статистическим данным скорректированного технологического процесса, выявлено, что все точки не выходят за пределы контрольных границ на карте средних и на карте стандартных отклонений. Это свидетельствует о том, что неслучайных причин изменчивости в

производственном процессе нет, т.е. отсутствуют воздействующие на качество продукции факторы, которые должны быть выявлены и скорректированы.

Контрольные карты (\bar{x} и s) указывают на то, существует ли возможность уменьшить изменчивость процесса. Сигнал о необходимости поиска неслучайных причин разладки процесса в момент выхода точки за контрольные пределы позволяет своевременно выявить эти причины. Действия по устранению этих причин могут состоять не только в ликвидации текущих неполадок, но и в предупреждении их появления в будущем.

Список литературы

1. Максимова, И.Н. Применение инструментов качества: диаграммы Исикавы, диаграммы сродства, QFD-анализа, на примере производства электрического жарочного шкафа / И.Н. Максимова, Д.Д. Крамор // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2023. – № 2 (17). – С. 70–77.
2. Бардина, Т.Н. Анализ причин возникновения дефектов при производстве бумаги писчей / Т.Н. Бардина, Л.В. Макарова // Дневник науки. – 2018. – № 5 (17). – С. 12.
3. ГОСТ Р ИСО 7870-1–2022. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 1. Общие принципы. – М., 2022.
4. ГОСТ 14919-83. Электроплиты, электроплитки и жарочные электрошкафы бытовые. Общие технические условия. – М., 1983.
5. ГОСТ ИЕС 60335-2-6-2016. Бытовые и аналогичные электрические приборы. Безопасность. Часть 2-6. Частные требования к стационарным кухонным плитам, конфорочным панелям, жарочным шкафам и аналогичным приборам. – М., 2016.
6. ГОСТ Р ИСО 7870-2–2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта (ISO 7870-2:2013, IDT). – М., 2015.

Referenses

1. Maksimova, I.N. The use of quality tools: Ishikawa diagrams, affinity diagrams, QFD analysis, on the example of the production of an electric frying pan / I.N. Maksimova, D.D. Kramor // Bulletin of PGUAS: construction, science and education. – 2023. – No. 2 (17). – P. 70–77.
2. Bardina, T.N. Analysis of the causes of defects in the production of writing paper / T.N. Bardina, L.V. Makarova // The diary of Science. – 2018. – No. 5 (17). – P. 12.
3. GOST R ISO 7870-1–2022. Statistical methods. Control cards. Part 1. General principles. – M., 2022.
4. GOST 14919-83. Electric stoves, electric stoves and electric frying cabinets for household use. General technical conditions. – M., 1983.
5. GOST IEC 60335-2-6-2016. Household and similar electrical appliances. Safety. Part 2-6. Specific requirements for stationary kitchen stoves, hotplates, frying cabinets and similar appliances. – M., 2016.
6. GOST R ISO 7870-2–2015. Statistical methods. Control cards. Part 2. Schuhart's Control Cards (ISO 7870-2:2013, IDT). – M., 2015.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Макарова Людмила Викторовна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Управление качеством и ТСП»
E-mail: mak.78_08@inbox.ru

Тарасов Роман Викторович,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Управление качеством и ТСП»
E-mail: rwtarasow@inbox.ru

Федотова Екатерина Андреевна,
магистрант
E-mail: fedotova_9292@mail.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Makarova Lyudmila Viktorovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
department of «Quality management and TSP»
E-mail: mak.78_08@inbox.ru

Tarasov Roman Viktorovich,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
Department of «Quality management and TCP»
E-mail: rwtarasow@inbox.ru

Fedotova Ekaterina Andreevna,
Master's student
E-mail: fedotova_9292@mail.ru

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов, Е.А. Федотова

Проведен анализ эксплуатационной стойкости защитно-декоративных покрытий цементных бетонов. Выявлено, что увеличение толщины слоя красочного состава на основе акриловых полимеров приводит к снижению среднего значения твёрдости отделочного покрытия и повышению коэффициента анизотропии. Установлены закономерности изменения коэффициента анизотропии в процессе старения покрытий в результате процесса попеременного замораживания-оттаивания.

Ключевые слова: защитно-декоративные покрытия, эксплуатационная стойкость, коэффициент анизотропии

ANALYSIS OF THE OPERATIONAL RESISTANCE OF PROTECTIVE AND DECORATIVE COATINGS OF EXTERIOR WALLS OF BUILDINGS

L.V. Makarova, R.V. Tarasov, E.A. Fedotova

The analysis of the operational resistance of protective and decorative coatings of cement concretes is carried out. It was revealed that an increase in the thickness of the layer of the acrylic polymer-based paint composition leads to a decrease in the average hardness of the finishing coating and an increase in the anisotropy coefficient. The patterns of changes in the anisotropy coefficient during the aging of coatings as a result of the process of alternating freezing and thawing have been established.

Keywords: protective and decorative coatings, operational stability, anisotropy coefficient

Фасадные покрытия наружных стен зданий и сооружений в процессе эксплуатации подвержены регулярному воздействию солнечного света, осадков и резких перепадов температур. В последнее время широкое распространение получили композиции на основе акриловых полимеров. Такого рода лакокрасочные покрытия способны выполнять защитную и декоративную функции в течение достаточно длительного времени.

При отсутствии тщательной подготовки окрашиваемой поверхности или нарушении процедуры нанесения красочного состава могут возникнуть дефекты, такие, как отслаивание, выцветание, вздутие слоя краски и т.п. [1].

Для анализа характера разрушения защитно-декоративных покрытий было проведено обследование состояния окрашенной поверхности фасадов жилых зданий повышенной этажности и многоэтажных домов, расположенных на территории г. Пензы. В качестве объектов исследования рассматривались жилые здания, при возведении которых использовалась схема утепления по технологии «мокрого фасада», с последующей отделкой наружных стен фасадной декоративной штукатуркой «Короед», «Шуба» и др.

При визуальном осмотре окрашенной поверхности были зафиксированы следующие виды дефектов: растрескивание (на поверхности отделочного покрытия, в местах герметизации стыков), отслаивание (от грунта, от основания, образование пустот), грязеудержание покрытий, выцветание (в т.ч. омыление, меление), соляной налёт, наплывы, потёки.

Для проведения анализа была использована методика ABC [2], в основе которой лежит принцип Парето, утверждающий, что 80 % результата дают лишь 20 % объектов. В названии присутствует аббревиатура, обозначающая группы:

А – наиболее значимые позиции, генерирующие 80 % результата;

В – позиции, имеющие среднюю степень важности (15 %);

С – наименее важные элементы, которые генерируют только 5 % результата.

Наименование видов дефектов и число их появлений (с учётом группы значимости) для различных сроков эксплуатации покрытий приведены в табл. 1–3.

Т а б л и ц а 1

Анализ несоответствий отделочных покрытий на объектах жилого фонда со сроком эксплуатации не более 5 лет

Вид несоответствия	Количество объектов, имеющих несоответствия, %	Процент случаев возникновения несоответствий, %	Накопленный процент случаев появления несоответствий, %	Группа значимости (ABC)
Растрескивание отделочных покрытий	87,5	29,17	29,17	А
Выцветание	87,5	29,17	58,34	
Отслаивание отделочных покрытий	62,5	20,83	79,17	
Соляной налёт	37,5	12,50	91,67	В
Наплывы, потёки	12,5	4,165	95,835	С
Грязеудержание	12,5	4,165	100	

Т а б л и ц а 2

Анализ несоответствий отделочных покрытий на объектах жилого фонда со сроком эксплуатации от 5 до 10 лет

Вид несоответствия	Количество объектов, имеющих несоответствия, %	Процент случаев возникновения несоответствий, %	Накопленный процент случаев появления несоответствий, %	Группа значимости (ABC)
Растрескивание отделочных покрытий	100,00	28,57	28,57	А
Выцветание	83,33	23,81	52,38	
Отслаивание отделочных покрытий	83,33	23,81	76,19	
Соляной налёт	50,00	14,29	90,48	В
Грязеудержание	33,33	9,52	100	С

Анализ несоответствий отделочных покрытий на объектах жилого фонда со сроком эксплуатации более 10 лет

Вид несоответствия	Количество объектов, имеющих несоответствия, %	Процент случаев возникновения несоответствий, %	Накопленный процент появления несоответствий, %	Группа значимости (АВС)
Растрескивание отделочных покрытий	100	21,875	21,875	А
Выцветание	100	21,875	43,750	
Грязеудержание	100	21,875	65,625	
Отслаивание отделочных покрытий	85,71	18,750	84,375	В
Соляной налёт	71,43	15,625	100	С

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что по мере старения покрытий наблюдается изменение удельного веса приоритетных дефектов, оказывающих влияние на качество их внешнего вида. Так, при сроке эксплуатации оцениваемых покрытий, не превышающем 5 лет, наблюдается появление таких значимых дефектов, как растрескивание отделочных покрытий, выцветание и отслаивание отделочных покрытий. Аналогичная ситуация характерна для покрытий с периодом эксплуатации от 5 до 10 лет. При этом зафиксировано увеличение количества объектов, имеющих различного рода несоответствия. При сроке эксплуатации отделочных покрытий более 10 лет наиболее сильно проявляется потеря их физико-механических и эстетических свойств. При этом в число приоритетных объектов (группа А) входят такие несоответствия, как растрескивание отделочных покрытий, выцветание и грязеудержание.

Результаты проведённых исследований свидетельствуют о необходимости прогнозирования стойкости отделочных покрытий в процессе их эксплуатации.

Для анализа изменения физико-механических свойств отделочных покрытий при воздействии попеременного замораживания и оттаивания был выбран красочный материал Profilux, в состав которого входят водная акриловая дисперсия, вода, диоксид титана, молотый мрамор, загуститель, целевые добавки.

В качестве косвенной характеристики при анализе эксплуатационной стойкости покрытий предлагается использовать коэффициент анизотропии (P_k), вычисляемый по формуле

$$P_k = H_{\max} / H_{\min},$$

где H_{\max} – максимальное значение твердости покрытия в выборочной совокупности, Н/мм²; H_{\min} – минимальное значение твердости покрытия в выборочной совокупности, Н/мм².

Твердость покрытия определялась по методу Виккерса. Числом твердости является условное напряжение на единицу поверхности отпечатка [3...5]. Размер диагонали отпечатка измерялся под микроскопом.

Основные параметры для анализа эксплуатационной стойкости покрытий представлены в табл. 4.

В результате экспериментальных исследований выявлено, что повышение толщины покрытия в рассматриваемом диапазоне приводит к снижению среднего значения твёрдости и повышению коэффициента анизотропии. При увеличении количества циклов воздействия замораживания-оттаивания сохраняется аналогичная закономерность для всех анализируемых образцов, при этом наблюдается значительное повышение коэффициента анизотропии.

Параметры эксплуатационной стойкости отделочных покрытий

Номер образца	Толщина покрытия, мм	Вид воздействия	Среднее значение твердости (HV), Н/мм ²	Коэффициент анизотропии P_k
1	0,8	Отверждение	49,4	1,19
		5 циклов замораживания-оттаивания	43,8	1,19
		10 циклов замораживания-оттаивания	42,4	1,32
		15 циклов замораживания-оттаивания	40,8	1,35
2	1,0	Отверждение	41,9	1,20
		5 циклов замораживания-оттаивания	41,6	1,28
		10 циклов замораживания-оттаивания	35,3	1,34
		15 циклов замораживания-оттаивания	33,2	1,41
3	1,2	Отверждение	40,8	1,26
		5 циклов замораживания-оттаивания	40,30	1,46
		10 циклов замораживания-оттаивания	31,32	1,53
		15 циклов замораживания-оттаивания	29,07	1,92

Полученная закономерность объясняется следующим образом. Известно, что введение наполнителя в состав акриловых красок может приводить к возникновению зон концентрации напряжений вокруг частиц, величина которых будет тем выше, чем больше их объемная доля и размер [6]. По мере удаления от поверхности покрытия наблюдается увеличение количества более грубодисперсных частиц (18 мкм и более), что обусловлено оседанием более крупных частиц в процессе формирования покрытия на подложке.

Циклическое воздействие попеременного замораживания и оттаивания приводит к ослаблению адгезионной связи полимера с наполнителем. Частицы наполнителя легко отрываются и удаляются, что приводит к интенсивному разрушению покрытия, падению показателя твердости и уменьшению значения стойкости покрытия (см. рисунок). Об этом свидетельствуют и полученные значения адгезионной прочности покрытия, представленные в табл. 5.

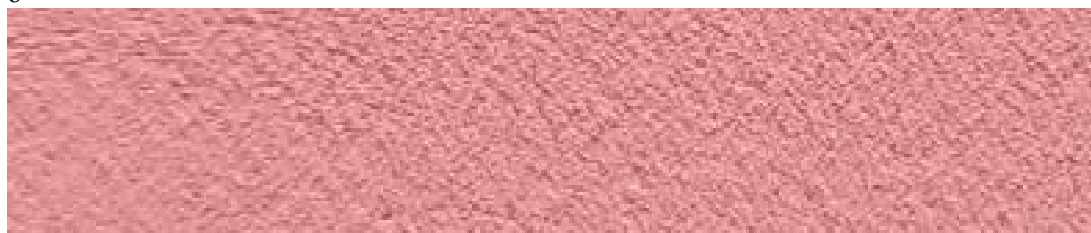
Значения адгезионной прочности отделочных покрытий

Номер образца	Толщина покрытия, мм	Вид воздействия	Адгезионная прочность, МПа
1	0,8	Отверждение	2,41
		15 циклов замораживания-оттаивания	1,17
2	1,0	Отверждение	1,95 (частично по покрытию)
		15 циклов замораживания-оттаивания	1,11
3	1,2	Отверждение	1,26 (по покрытию)
		15 циклов замораживания-оттаивания	0,48

а



б



Поверхность отделочного покрытия:

а – после отверждения;

б – после 10 циклов попеременного замораживания-оттаивания

Таким образом, для повышения эксплуатационной стойкости защитно-декоративных покрытий необходимо учитывать условия эксплуатации строительных объектов с позиций интенсивности внешних воздействий, а также обеспечить системный подход к отделке, с точки зрения выбора материалов, технологии их применения, с учетом типа подложки и функциональности покрытия. Кроме того, требуется достичь оптимальной толщины покрытия, способствующей защите несущих конструкций здания от неблагоприятных внешних воздействий и повышению их долговечности.

Список литературы

1. Loganina V. Estimation of the probability of cracking of facade coatings / V. Loganina, R. Fediuk, D. Taranov, Y.H.M. Amran // Materials Science Forum. – 2021. – Vol.1037. – P 675–683.
2. Инструменты качества. – URL://www.kpms.ru/Implement/Qms_Tool.htm
3. Loganina, V.I. Technique of the assessment of crack resistance of the protective decorative coatings / V.I. Loganina, L.V. Makarova // Contemporary Engineering Sciences. – 2014. – Vol.7. – № 33-36. – P. 1967–1973.

-
4. Дуб, С.Н. Особенности измерения трещиностойкости керамики методом индентирования / С.Н. Дуб, А.Л. Майстренко, А.А. Исаков // Заводская лаборатория. – 1993. – №4. – С. 58–60.
 5. Зайцев, Ю.В. Механика разрушения для строителей / Ю.В. Зайцев. – М.: Высшая школа, 1991. – 287 с.
 6. Воробьев, А.В. Влияние пигментов и наполнителей на стойкость к истиранию покрытий для дорожной разметки / А.В. Воробьев, Л.Н. Машляковский, А.Л. Ковжина. – URL://www.himtek-yar.ru/useful/literature/406/

References

1. Loganina V. Estimation of the probability of cracking of facade coatings / V. Loganina, R. Fediuk, D. Taranov, Y.H.M. Amran // Materials Science Forum. – 2021. – Vol.1037. – P 675–683.
2. Quality assurance tools. – URL://www.kpms.ru/Implement/Qms_Tool.htm
3. Loganina, V.I. Technique of the assessment of crack resistance of the protective decorative coatings / V.I. Loganina, L.V. Makarova // Contemporary Engineering Sciences. – 2014. – Vol.7. – № 33-36. – P. 1967–1973.
4. Dubh, S.N. Features of measuring the crack resistance of ceramics by indentation / S.N. Dubh, A.L. Maistrenko, A.A. Isakov // Factory Laboratory. – 1993. – No.4. – P. 58–60.
5. Zaitsev, Yu.V. Mechanics of destruction for builders / Yu.V. Zaitsev. – М.: Higher School, 1991. – 287 p.
6. Vorobyov, A.V. The influence of pigments and fillers on the wear resistance of coatings for road markings / A.V. Vorobyov, L.N. Mashlyakovsky, A.L. Kovzhina. – URL://www.himtek-yar.ru/useful/literature/406/

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

PEDAGOGICAL SCIENCES

УДК 004.942

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Литвинская Ольга Сергеевна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Информационно-вычислительные системы»
E-mail: oslit@yandex.ru

Литвинский Евгений Витальевич,
аспирант кафедры «Инженерная экология»
E-mail: oslit@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Litvinskaya Olga Sergeevna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
Department «Information and Computing Systems»
E-mail: oslit@yandex.ru

Litvinskij Evgenij Vitalevich,
Graduate student of the Department «Engineering
ecology»
E-mail: oslit@yandex.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ИНЖЕНЕРИИ

О.С. Литвинская, Е.В. Литвинский

Представлен опыт внедрения современной открытой системы управления базами данных PostgreSQL и утилиты PgAdmin в учебный процесс вуза. Описаны способы внедрения СУБД PostgreSQL, приведен ряд дисциплин, в которых можно ее использовать, отмечены ряд трудностей, которые могут возникнуть при внедрении системы в ОС Ubuntu, а также преимущества изучения утилиты PgAdmin в учебном процессе (обучение по направлениям 09.03.02 «Информационные системы и технологии» и 09.04.02 «Информационные системы и технологии»).

Ключевые слова: открытое программное обеспечение, СУБД PostgreSQL, утилита Pg_admin, внедрение в учебный процесс, подготовка специалистов

INFORMATION SYSTEMS IN ENGINEERING

O.S. Litvinskaya, E.V. Litvinskij

The experience of introducing a modern open database management system PostgreSQL and the pgAdmin utility into the educational process of the university is presented. The methods of implementing the PostgreSQL DBMS are described, a number of disciplines in which it can be used are given, a number of difficulties that may arise when implementing the system in Ubuntu OS are noted, as well as the advantages of studying the pgAdmin utility in the educational process (training in the directions 09.03.02 "Information Systems and Technologies" and 09.04.02 "Information systems and Technologies").

Keywords: open source software, PostgreSQL DBMS, Pg_admin utility, implementation in the educational process, training of specialists

Подготовка специалистов в области информационных систем невозможна без изучения распространенных систем управления базами данных (СУБД) и средств администрирования. По результатам опросов разработчиков и судя по количеству вакансий, PostgreSQL – самая популярная СУБД в настоящее время. В связи с этим использование ее в учебном процессе является полезным для обучения и практики студентов по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» в рамках курсов «Базы данных», «Информационные системы клиент-сервер», «Архитектура

базы данных», «Управление данными» и «Администрирование информационных систем» [1].

PostgreSQL в учебных целях может использоваться в ряде направлений. Среди них:

- создание и управление базами данных, где студенты могут создавать таблицы, определять ограничения, выполнять запросы и т.д. Это позволит им практиковаться в основах работы с базами данных [2];

- SQL-запросы и запросы к базам данных, с помощью которых студенты могут практиковаться в выполнении запросов на выборку данных, добавление, обновление и удаление данных, использовании операторов и функций PostgreSQL. Такие вопросы изучаются на курсах «Информационные системы клиент-сервер» и «Управление данными»;

- резервное копирование и восстановление данных. PostgreSQL предоставляет возможность создания резервных копий баз данных и восстановления данных из них при сбоях. Изучение этих вопросов входит в дисциплину «Администрирование информационных систем» [3].

PostgreSQL имеет множество полезных расширений и дополнений, которые могут быть использованы в учебных целях. Студенты могут изучать и использовать расширения, такие, как PostGIS для работы с географическими данными, pgAdmin для администрирования базы данных и многое другое.

Несмотря на то, что PostgreSQL является мощной и распространенной системой управления базами данных, при ее использовании в учебных целях можно столкнуться с рядом затруднений:

- сложность установки и настройки;
- ресурсоемкость: PostgreSQL требует значительных ресурсов, включая мощность процессора и объем памяти, что может привести к замедлению работы на компьютерах или виртуальных машинах;

- сложность в использовании;

- дополнительные инструменты, такие, как клиенты баз данных или GUI-интерфейсы;

- ограничения доступа и политики безопасности, которые могут не разрешить студентам выполнять определенные задания;

- совместимость с другими инструментами. В зависимости от используемых в учебном курсе инструментов и технологий могут возникнуть проблемы с совместимостью PostgreSQL, что может потребовать дополнительных настроек. Однако эти проблемы могут быть преодолены через хорошую подготовку, обучение и обеспечение доступа к необходимым инструментам и ресурсам.

Одной из утилит, заслуживающих внимание, является PgAdmin. Это бесплатная и открытая система управления базами данных PostgreSQL. Ее можно использовать в учебных целях для изучения и практического применения функционала СУБД.

В ходе изучения курса «Архитектура информационных систем» студенты осваивают следующие функции PgAdmin:

- создание баз данных. PgAdmin позволяет создавать новые базы данных, что может быть полезно для изучения основных понятий и принципов организации данных;

- создание таблиц и схем базы данных. С помощью PgAdmin можно создавать новые таблицы, устанавливая связи между ними и определять структуру базы данных;

- выполнение SQL-запросов. PgAdmin обеспечивает использование SQL-запросов непосредственно в пользовательском интерфейсе. Это может быть полезно для изучения и практики написания и выполнения SQL-запросов;

- работа с данными. PgAdmin позволяет добавлять, обновлять и удалять данные в таблицах базы данных. Это может быть полезно для изучения работы с данными и выполнения операций: создание, чтение, обновление и удаление данных;

- управление пользователями и правами доступа. С помощью PgAdmin можно создавать новых пользователей, назначать им права доступа и управлять безопасностью базы данных;

- мониторинг и оптимизация базы данных [4–6].

В целом использование PgAdmin в учебных целях поможет студентам получить практический опыт работы с PostgreSQL, базами данных и SQL-запросами, что является важным навыком для понимания и применения в сфере разработки программного обеспечения и анализа данных.

Следует отметить, что при работе с утилитой в ходе учебного процесса возник ряд затруднений:

- загрузка неправильного файла установки давала ошибки при установке утилиты;
- блокировка антивирусного программного обеспечения, работа которого может блокировать установку PgAdmin;
- отсутствие прав администратора при установке в компьютерном классе вуза не позволило выполнить установку.

Успешное решение этих вопросов позволит достичь требуемого уровня подготовки специалистов.

Вывод

Внедрение СУБД PostgreSQL в учебный процесс может значительно улучшить навыки студентов при работе с базами данных. Сотрудничество работодателей и преподавателей вуза в области СУБД позволит выйти на качественно новый уровень подготовки востребованных специалистов.

Список литературы

1. Моргунов, Е.П. Внедрение СУБД PostgreSQL в учебный процесс высшей школы: состояние дел, проблемы и перспективы / Е.П. Моргунов, О.Н. Моргунова, Д.А. Рисухина // SAEC. – 2023. – №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-subd-postgresql-v-uchebnyy-protsess-vysshey-shkoly-sostoyanie-del-problemy-i-perspektivy> (дата обращения: 12.11.2023).
2. Основы технологий баз данных / БА. Новиков // Postgres Professional. – 2022. – URL: <https://postgrespro.ru/education/university/sqlprimer> (дата обращения: 10.10.2023).
3. Учебные курсы / Е.В. Рогов, П.В. Лузанов // Postgres Professional. – 2015. – URL: <https://postgrespro.ru/education/courses> (дата обращения: 09.11.2023).
4. Язык SQL / Е.П. Моргунов // Postgres Professional. – 2018. – URL: <https://openedu.ru/course/msu/SQL/> (дата обращения: 01.11.2023).
5. Язык SQL / Е.П. Моргунов // Postgres Professional. – 2022. – URL: <https://postgrespro.ru/education/university/sqlprimer> (дата обращения: 01.11.2023).
6. PGConf.Russia: международная техническая конференция по открытой СУБД PostgreSQL // Postgres Professional. – 2015. – URL: <https://pgconf.ru> (дата обращения: 01.11.2023).

Referances

1. Morgunov, E.P. Introduction of PostgreSQL DBMS into the educational process of higher school: state of affairs, problems and prospects / E.P. Morgunov, O.N. Morgunova, D.A. Risukhina // SAEC. – 2023. – No. 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-subd-postgresql-v-uchebnyy-protsess-vysshey-shkoly-sostoyanie-del-problemy-i-perspektivy> (date of access: 11.12.2023).
2. Fundamentals of database technologies / B.A. Novikov // Postgres Professional. – 2022. – URL: <https://postgrespro.ru/education/university/sqlprimer> (access date: 10.10.2023).
3. Training courses / E.V. Rogov, P.V. Luzanov // Postgres Professional. – 2015. – URL: <https://postgrespro.ru/education/courses> (access date: 11.09.2023).
4. SQL language / E.P. Morgunov // Postgres Professional. – 2018. – URL: <https://openedu.ru/course/msu/SQL/> (access date: 11.01.2023).
5. SQL language / E.P. Morgunov // Postgres Professional. – 2022. – URL: <https://postgrespro.ru/education/university/sqlprimer> (access date: 11.01.2023).
6. PGConf.Russia: international technical conference on the open DBMS PostgreSQL // Postgres Professional. – 2015. – URL: <https://pgconf.ru> (access date: 11.01.2023).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE PACKAGES

УДК 004.045

*Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Васин Леонид Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент,
зав. кафедрой «Информационно-
вычислительные системы»
E-mail: leo@pguas.ru

Литвинская Ольга Сергеевна,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Информационно-вычислительные системы»
E-mail: oslit@yandex.ru

Литвинский Евгений Витальевич,
аспирант кафедры «Инженерная экология»
E-mail: oslit@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Vasin Leonid Anatolievich,
Candidate of Sciences, Associate Professor,
Head of the Department «Information-
and Computing Systems»
E-mail: leo@pguas.ru

Litvinskaya Olga Sergeevna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of the
Department «Information and Computing Systems»
E-mail: oslit@yandex.ru

Litvinskij Evgenij Vitalevich,
Graduate student of the Department «Engineering
ecology»
E-mail: oslit@yandex.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОСТУПА К ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УНИВЕРСИТЕТА

Л.А. Васин, О.С. Литвинская, Е.В. Литвинский

В электронной информационной образовательной среде (ЭИОС) входящие в её состав информационные системы предоставляют цифровую поддержку образовательного процесса на всех его этапах, включая функции электронного деканата и планирования учебного процесса.

Примером организации удаленного доступа к терминальному серверу информационной системы «Деканат» является открытое программное обеспечение с лицензией GPL Apache Guacamole. Это клиентская платформа для удаленного доступа и управления компьютерами и серверами через стандартный веб-браузер. Она предоставляет возможность работать с удаленными рабочими столами, приложениями и другими ресурсами без необходимости устанавливать специальное клиентское программное обеспечение на локальном компьютере.

Приведены примеры настройки программного обеспечения и показана структурная организация такого способа доступа на примере информационной системы университета «Деканат».

Ключевые слова: терминальный сервер, сетевой доступ, компьютерная сеть, удаленный рабочий стол, веб-браузер, Apache Guacamole, RDP, VNC, SSH, LDAP

ORGANIZATION OF ACCESS TO THE UNIVERSITY ELECTRONIC INFORMATION SYSTEM

L.A. Vasin, O.S. Litvinskaya, E.V. Litvinskij

In the electronic information educational environment (EISE), its constituent information systems provide digital support for the educational process at all its stages, including the functions of the electronic dean's office and educational process planning.

An example of organizing such access to the terminal server of the «Dean's Office» information system based on open source software with a GPL license is Apache Guacamole. This is a client platform for remote access and management of computers and servers via a standard web browser. It provides the ability to work with remote desktops, applications and other resources, without the need to install special client software on the local computer.

Examples of software configuration are given and the structural organization of this access method is shown using the example of the university information system «Dean's Office».

Keywords: terminal server, network access, computer network, remote desktop, web browser, Apache Guacamole, RDP, VNC, SSH, LDAP

Введение

Внедрение информационных систем в жизнь вузов позволило реализовать электронную информационную образовательную среду (ЭИОС), которая автоматизирует различные процессы, связанные с получением знаний, административным управлением, образованием и научными исследованиями. Она состоит из сетевых информационных ресурсов или сервисов, размещенных на физических серверных платформах (СП), использующих технологии программной или аппаратной виртуализации, такие, как контейнеры, виртуальные машины с паравиртуализацией или полной виртуализацией. Все СП имеют сетевые подключения и интегрируются с компьютерной сетью университета. ЭИОС предназначена для сбора, хранения, обработки, передачи информации и обеспечивает эффективное управление образовательными процессами, доступ к необходимым ресурсам и инструментам, а также улучшает коммуникацию и взаимодействие между участниками образовательного процесса [1, 2].

Использование терминальных серверов является распространенным подходом при реализации информационных систем. Терминальный сервер (также известный как Remote Desktop Services или RDS) представляет собой сервер, на котором работает специальное программное обеспечение, позволяющее пользователям подключаться к нему удаленно и получать доступ к ресурсам системы [3].

В контексте информационной системы университета терминальные серверы позволяют получать централизованный доступ к различным приложениям, которые могут быть необходимы для работы студентов, преподавателей и сотрудников университета, например учебные программы, научные инструменты, библиотечные системы, системы учета и другие приложения.

Использование терминальных серверов позволяет более эффективно управлять лицензиями на приложения. Вместо установки и лицензирования приложений на каждом отдельном компьютере они могут быть установлены и запущены на терминальном сервере, а пользователи получают доступ к ним по мере необходимости. Это может сократить расходы на лицензирование и упростить процесс управления и обновления приложений.

Также терминальные серверы могут использоваться для централизованного хранения данных, что обеспечивает единый и доступный для всех пользователей источник данных. Это может быть полезно для общих ресурсов, таких, как общие файлы, базы данных или другие информационные ресурсы, к которым необходим доступ со стороны различных пользователей. Использование терминальных серверов может упростить процесс обслуживания информационной системы. Вместо необходимости обновлять и поддерживать приложения и операционные системы на каждом отдельном компьютере обновления и обслуживание могут быть

выполнены на терминальном сервере, что, соответственно, будет влиять на все подключенные пользовательские сессии.

Централизованное размещение данных и приложений на терминальных серверах позволяет более тщательно контролировать доступ и защищать данные от несанкционированного доступа. Кроме того, они могут поддерживать дополнительные меры безопасности, такие, как шифрование данных и механизмы аутентификации.

Терминальные серверы позволяют более эффективно использовать аппаратные ресурсы. Вместо того чтобы каждое устройство имело свою собственную вычислительную мощность, память и хранилище, все ресурсы могут быть централизованы на сервере. Это позволяет снизить затраты на обновление и поддержку аппаратного обеспечения, а также обеспечивает более равномерное распределение ресурсов между пользователями [4].

Все эти преимущества делают терминальные серверы эффективным инструментом для обеспечения доступа к приложениям и ресурсам в информационных системах вузов. Их использование обеспечивает возможность удаленного доступа к приложениям и данным из любого места и с любого устройства с доступом в интернет. Это позволяет студентам, преподавателям и административному персоналу работать и учиться в любое время и из любой точки мира, что способствует гибкости и мобильности образовательного процесса.

При организации удаленного доступа существует несколько видов доступа, которые используются для управления и контроля доступа пользователей к информационным ресурсам [2]:

1. Физический доступ. Это вид доступа к физическим компонентам информационной системы, таким, как серверы, компьютеры, сетевое оборудование и другие устройства. Физический доступ обычно ограничивается с помощью физических мер безопасности, таких, как замки, ключи, пропускные системы, видеонаблюдение и охрана.

2. Логический доступ. Логический доступ предоставляет пользователю возможность получить доступ к информационной системе через идентификацию и аутентификацию и включает в себя использование учетных записей, паролей, пин-кодов, биометрических данных (например, сканов отпечатков пальцев или распознавания лица) и других методов проверки подлинности.

3. Сетевой доступ. Сетевой доступ позволяет пользователям подключаться к информационной системе через сеть – локальную сеть (LAN), виртуальную частную сеть (VPN) или Интернет. Для обеспечения безопасности сетевого доступа используются механизмы шифрования, виртуальные частные сети, брандмауэры и другие средства защиты.

4. Уровни доступа. В информационных системах могут быть установлены различные уровни доступа, определяющие, к какой информации и функциональности пользователь имеет право получить доступ. Это может быть реализовано через разграничение доступа на основе ролей, групп или индивидуальных настроек доступа.

5. Административный доступ. Административный доступ предоставляется системным администраторам или другим привилегированным пользователям, которые имеют полный контроль над управлением информационной системой. Он включает в себя возможность управлять пользователями, настройками безопасности, резервным копированием, обновлениями программного обеспечения и другими административными функциями.

6. Удаленный доступ. Удаленный доступ позволяет пользователям получить доступ к информационной системе из удаленного места. Это может быть реализовано с помощью удаленного рабочего стола, виртуальных частных сетей (VPN), терминальных серверов и других технологий удаленного доступа.

Организация удаленного доступа пользователей к ЭИОС университета обычно включает следующие шаги:

1. Идентификация и авторизация пользователей. Каждому пользователю присваивается уникальная идентификационная информация: учетная запись или логин. Для обеспечения безопасности и конфиденциальности используются пароли или другие методы аутентификации, такие, как биометрические данные (например, сканы отпечатков пальцев или распознавание лица). Пользователи должны подтвердить свою личность и получить разрешение на доступ к системе.

2. Уровни доступа и разграничение ролей. В информационной системе устанавливаются различные уровни доступа с разными правами и привилегиями. Разграничение ролей позволяет определить, какие пользователи имеют доступ к определенным функциям, данным и ресурсам системы, например администраторы, преподаватели, студенты и другие категории пользователей с соответствующими правами.

3. Защита данных и шифрование. Для обеспечения конфиденциальности и защиты данных, хранящихся в информационной системе, используются механизмы шифрования. Критические данные, такие, как персональные данные студентов или результаты исследований, должны быть защищены от несанкционированного доступа и внешних угроз.

Необходимо отметить, что каждый университет может иметь свою собственную политику безопасности и методы организации доступа к электронной информационной системе в зависимости от своих специфических потребностей и требований.

Соединение между клиентским приложением и удаленным сервером в случае использования терминальных серверов может быть установлено с помощью различных специализированных протоколов. Некоторые из наиболее распространенных протоколов [5, 6]:

1. Remote Desktop Protocol (RDP). RDP является протоколом, разработанным компанией Microsoft для удаленного доступа к рабочему столу и приложениям на удаленном сервере. Он позволяет пользователям подключаться к терминальному серверу и взаимодействовать с ним, отображая удаленный рабочий стол на клиентском компьютере.

2. Virtual Network Computing (VNC). VNC – это протокол, который позволяет удаленно управлять компьютером и отображать его экран на клиентском устройстве. VNC-сервер запущен на удаленном сервере, а клиентское приложение подключается к нему для получения удаленного доступа к рабочему столу и приложениям.

3. Secure Shell (SSH). SSH – это протокол сетевой безопасности, который обеспечивает защищенное удаленное подключение и управление удаленными серверами. Обычно SSH используется для командной строки и управления серверами, но также может быть использован для удаленного доступа к графическим приложениям через протокол X11 forwarding.

Конкретный выбор протокола зависит от требований системы, типа приложений и данных, используемых на сервере, а также от требований к безопасности, производительности и удобству использования. Некоторые протоколы, такие, как RDP и VNC, более подходят для работы с графическими приложениями, в то время как SSH и Telnet обычно используются для удаленного доступа к командной строке сервера. Некоторые протоколы, такие, как Citrix ICA, специализируются на виртуальных приложениях, в то время как другие, такие как SPICE и NX, используются для доступа к виртуальным машинам и виртуальным рабочим столам. При выборе протокола необходимо учитывать все эти факторы и выбирать протокол, который лучше всего соответствует требованиям конкретной ситуации.

Также терминальные серверы могут быть настроены для предоставления удаленного доступа через веб-браузер. В таком варианте доступа используется технология HTML5 Web Client, позволяющая организовать удаленный доступ к рабочему месту через веб-браузер без необходимости установки дополнительных клиентских приложений. Такой подход к организации доступа позволяет удаленно управлять виртуальными машинами (VM) или десктопами (VDI) через веб-браузер, используя HTML5, CSS и JavaScript, т.е. пользователи могут работать с виртуальными машинами или десктопами, не устанавливая на своих компьютерах дополнительное программное обеспечение, такое, как клиенты VNC или RDP. Этот подход позволяет пользователям работать с терминальным сервером, используя различные операционные системы, обеспечивает кроссплатформенность, безопасность, простоту использования и гибкость настройки, но при этом может иметь ограниченный функционал, производительность и проблемы совместимости, а также ограниченную безопасность.

Для обеспечения безопасности необходимо шифрование по протоколу HTTPS с использованием SSL (Secure Sockets Layer). Это протокол шифрования, который защищает конфиденциальность и целостность данных, передаваемых между клиентом и сервером через Интернет, что предотвращает несанкционированный доступ к данным пользователя и защищает их от нежелательных просмотров и атак. HTML5 Web Client может использовать SSL для шифрования данных во время их передачи между клиентом и сервером, что обеспечивает дополнительный уровень безопасности.

Преимущества использования HTML5 Web Client для организации удаленного доступа к рабочему месту включают:

1. Кроссплатформенность. HTML5 Web Client может быть использован на различных операционных системах и устройствах, включая компьютеры, ноутбуки, планшеты и смартфоны. Это обеспечивает высокую доступность и удобство использования для пользователей на разных платформах.

2. Безопасность. HTML5 Web Client обеспечивает безопасный доступ к удаленному рабочему месту, так как данные передаются по защищенному протоколу HTTPS. Это позволяет защитить данные от нежелательных просмотров и атак.

3. Простоту использования. HTML5 Web Client не требует установки дополнительных клиентских приложений и может быть запущен через веб-браузер. Это обеспечивает простоту и удобство использования.

В качестве системы, обеспечивающей web-доступ к терминальному серверу, выбран Apache Guacamole [7]. Это клиент для удаленного управления, который позволяет пользователям получать доступ к удаленным рабочим столам, серверам и приложениям через веб-браузер. Он основан на технологии HTML5 и может быть запущен в любом современном веб-браузере без необходимости устанавливать какое-либо дополнительное программное обеспечение на клиентской стороне. Apache Guacamole является хорошим выбором для HTML5 Web Client по нескольким причинам:

1. Поддержка различных протоколов. Apache Guacamole поддерживает множество протоколов для удаленного управления, включая VNC, RDP, SSH и Telnet, что позволяет пользователям получать доступ к широкому диапазону удаленных объектов.

2. Безопасность. Apache Guacamole обеспечивает безопасность соединений, используя протоколы шифрования и аутентификации, такие, как SSL и OAuth2. Это позволяет пользователям получать доступ к удаленным объектам без риска компрометации конфиденциальной информации.

3. Масштабируемость. Apache Guacamole может быть масштабирован в зависимости от размера и потребностей вашей организации. Он может быть развернут на одном сервере или на нескольких серверах в зависимости от того, как вы хотите его использовать.

4. Пользовательский интерфейс. Apache Guacamole имеет простой и интуитивно понятный пользовательский интерфейс, который позволяет пользователям легко получать доступ к удаленным объектам и управлять ими.

Архитектура программной системы web доступа к терминальному серверу на базе Guacamole состоит из следующих компонентов:

1. Клиентский интерфейс. Предоставляет веб-интерфейс для пользователей, через который они могут получить доступ к удаленным рабочим столам и приложениям. Клиентский интерфейс обычно разработан с использованием HTML, CSS и JavaScript.

2. Web-приложение. Обеспечивает взаимодействие между пользователем и серверной частью Apache Guacamole. Здесь осуществляется аутентификация пользователей, управление соединениями и настройками клиента.

3. Серверная часть. Обрабатывает запросы от клиентского интерфейса и управляет соединениями с удаленными рабочими столами и приложениями. Включает в себя следующие компоненты:

- Apache Guacamole Proxy: сервер проксирует соединения между клиентским интерфейсом и удаленными ресурсами. Он обеспечивает безопасное туннелирование данных и проксирует протоколы удаленного рабочего стола, такие, как RDP, VNC и SSH.
- База данных: хранит информацию о пользователях, соединениях и настройках Apache Guacamole. Обычно используется реляционная или NoSQL база данных.
- Аутентификация и авторизация: предоставляет механизмы аутентификации пользователей и управления их правами доступа. Может поддерживать различные методы аутентификации, такие, как базовая аутентификация, LDAP, Active Directory или SAML.
- Модули подключения: обеспечивают поддержку различных протоколов удаленного рабочего стола, таких, как RDP, VNC и SSH. Каждый модуль подключения реализует соответствующий протокол и обеспечивает взаимодействие с удаленными ресурсами.
- Журналирование и мониторинг: обеспечивают ведение журналов операций, мониторинг производительности и обнаруживают проблемы. Может использоваться для отладки, анализа использования ресурсов и оптимизации системы.

Приведем алгоритм работы системы web-доступа на базе Apache Guacamole с терминальными серверами Windows, работающими по протоколу RDP, с использованием аутентификации LDAP. Первоначально необходимо запустить сервер Guacamole и открыть веб-интерфейс Guacamole в веб-браузере. Далее войти в систему, используя учетную запись Guacamole.

На рис. 1 показаны записи в Open LDAP, в которых указаны параметры терминальных серверов. Такое хранение информации обеспечивает возможность предварительно настроить сеансы соединения с терминальными серверами и упростить доступ пользователей к Apache Guacamole.

Для предоставления доступа пользователей к терминальным серверам необходимо добавить пользователей в группу OpenLDAP Guacamole. Это позволит им авторизоваться в

системе и получить доступ к уже настроенным сеансам соединения с терминальными серверами. Такой подход позволяет более гибко управлять доступом пользователей к системе и упрощает процесс администрирования. На рис. 1 и 2 показаны LDAP-объекты, описывающие конфигурации терминальных серверов.



Рис. 1. Запись объекта LDAP о терминальном сервере для Guacamole



Рис. 2. Рабочий стол терминального сервера «Электронный деканат»

Таким образом, использование OpenLDAP для хранения информации о параметрах терминальных серверов и управления доступом пользователей к системе является эффективным и удобным решением для организации web-доступа к терминальным серверам с помощью Apache Guacamole.

Практическая реализация информационной системы Guacamole на базе операционной системы CentOS 8 на основе виртуального сервера под управлением KVM и с подключением к корпоративному OpenLDAP серверу выполнена для доступа к ИС «Деканат», реализованной на базе программного обеспечения MMIS. Рабочий стол терминального сервера ИС «Деканат» представлен на рис. 2.

Таким образом, терминальные серверы могут быть интегрированы в информационные системы и ЭИОС вузов, предоставляя удобный и гибкий доступ к образовательным ресурсам и приложениям для студентов, преподавателей и административного персонала.

Выводы:

1. Использование терминальных серверов позволяет реализовать информационные системы в составе электронной образовательной среды университета.
2. Применение удаленного доступа к терминальным серверам обеспечивает работу пользователей непосредственно с аппаратно-программными ресурсами серверной платформы, что дает преимущество их более оптимального использования.
3. Организация удаленного доступа дает возможность взаимодействовать с терминальным сервером с использованием web-браузера и работать на любом пользовательском сетевом устройстве.

Список литературы

1. Таненбаум, Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. Ван Стеен. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
2. Федорова, Г.Н. Информационные системы / Г.Н. Федорова. – М.: Academia, 2018. – 544 с.
3. Минаси, М. Windows Server 2012 R2. Полное руководство. Т. 1. Установка и конфигурирование сервера сети DNS / М. Минаси, К. Грин, К. Бус [и др.]. – М.: Вильямс, 2017. – 960 с.
4. Минаси, М. Windows Server 2012 R2. Полное руководство. Т. 2. Дистанционное администрирование, установка среды с несколькими доменами, виртуализация, мониторинг и обслуживание сервера / М. Минаси, К. Грин, К. Бус [и др.]. – М.: Вильямс, 2017. – 864 с.
5. VNC – How it works. – URL: <https://web.mit.edu/cdsdev/src/howitworks.html>.
6. Как подключиться по RDP с ОС Windows, Ubuntu или Debian (Linux), Mac OS, а также с телефона на Android и iPhone. – URL: https://habr.com/ru/companies/vps_house/articles/358488/
7. Установка Apache Guacamole. – URL: <https://docs.cloudmaster.ru/install-guacamole/>

References

1. Tanenbaum, E. Distributed systems. Principles and paradigms / E. Tanenbaum, M. Van Steen. – St. Petersburg: Peter, 2003. – 877 p.
2. Fedorova, G.N. Information systems / G.N. Fedorova. – M.: Academia, 2018. – 544 p.
3. Minasi, M. Windows Server 2012 R2. Complete guide. Vol. Installing and configuring a DNS network server/ M. Minasi, K. Green, K. Bus [et al.]. – M.: Williams, 2017. – 960 p.
4. Minasi, M. Windows Server 2012 R2. Complete guide. Vol. 2. Remote administration, setting up a multi-domain environment, virtualization, monitoring and server maintenance / M. Minasi, K. Green, K. Bus [et al.]. – M.: Williams, 2017. – 864 p.
5. VNC – How it works. – URL: <https://web.mit.edu/cdsdev/src/howitworks.html>.
6. How to connect via RDP from Windows, Ubuntu or Debian (Linux), Mac OS, as well as from an Android phone and iPhone. – URL: https://habr.com/ru/companies/vps_house/articles/358488/
7. Installing Apache Guacamole. – URL: <https://docs.cloudmaster.ru/install-guacamole/>

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Лысый Сергей Петрович,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Начертательная геометрия и графика»

Забегалин Антон Владиславович,
студент

E-mail: zabegalina18@gmail.com

Елкин Григорий Вячеславович,
студент

E-mail: Ashirg2002@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Lysy Sergey Petrovich,
Candidate of Sciences, Associate Professor
of the Department «Descriptive Geometry and
Graphics»

Zabegalin Anton Vladislavovich,
Student

E-mail: zabegalina18@gmail.com

Elkin Grigory Vyacheslavovich,
Student

E-mail: Ashirg2002@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ RENGA

С.П. Лысый, А.В. Забегалин, Г.В. Елкин

Представлены некоторые функциональные возможности 2D- и 3D-моделирования, интерфейс программы Renga. В частности, графически проиллюстрированы примеры проектов и приведены преимущества российской разработки Renga, которая позволяет архитекторам и инженерам визуализировать и создавать сложные проекты в трехмерном пространстве, проводить анализ различных конструктивных решений.

Ключевые слова: информационное моделирование, интерфейс, система, строительная отрасль

MODELING IN THE RENGA PROGRAM

S.P. Lysy, A.V. Zabegalin, G.V. Elkin

The article presents some of the functionality of 2D and 3D modeling, the interface of the Renga program. In particular, examples of projects are graphically illustrated and the advantages of Russian development are given. Renga allows architects and engineers to visualize and create complex projects in three-dimensional space, to analyze various design solutions.

Keywords: information modeling, interface, system, construction industry

Технология информационного моделирования является основополагающим элементом развития строительной отрасли. Технология BIM (Building Information Modeling) впервые появилась в Америке. В России она зарекомендовала себя как эффективный инструмент для решения сложнейших задач. Специалисты сферы проектирования применяют в работе широкий спектр программ, таких, как ArchiCAD, Bentley Systems, Revit и др. Однако ни одна из них не нашла широкого распространения по ряду причин: несоответствие отечественным стандартам, сложность освоения, высокая стоимость и др. Первой компанией по созданию отечественной BIM стала компания АСКОН – российский разработчик инженерного программного обеспечения. Изначально компанией была разработана программа Tornado, но уже впоследствии ее переименовали в Renga. Для развития BIM в России компания АСКОН совместно с партнером и инвестором фирмой «IC» начала процесс продвижения Renga. Таким образом, в ходе их совместного сотрудничества образовалась компания Renga Software.

Линейка систем Renga представлена на рис. 1.

В процессе создания современной и эффективной BIM-системы по результатам многочисленных исследований, разработчиком было выбрано собственное ПО

АСКОН, с помощью которого создана система моделирования КОМПАС–3D. Следующим этапом стал выбор API.

API – связующее звено между видеокартой и программным обеспечением. API обеспечивает более высокую производительность движущегося изображения и решает графические задачи. После многочисленных тестов и сравнений графического API (DirectX и OpenGL) разработчики отдали предпочтение DirectX, отличительными особенностями которой являются стабильность работы с большинством видеокарт и высокая производительность.



Рис. 1. Линейка систем Renga

Для графической визуализации моделей в Renga используется технология Horizon Based Ambient Occlusion (НВАО) компании NVIDIA. НВАО+ использует сложные физические алгоритмы, которые наилучшим образом учитывают направление света и интенсивность освещения, придают реалистичность визуализации.

На рис. 2 приведен интерфейс системы Renga с примером 3D-модели.

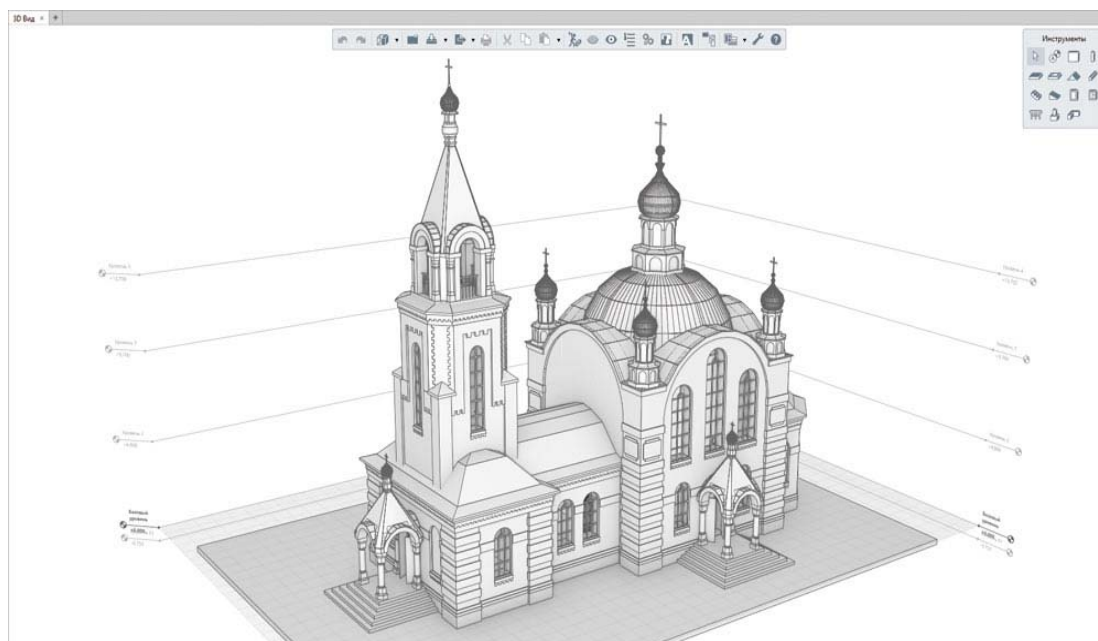


Рис. 2. Интерфейс системы Renga с примером 3D-модели

На рис. 3 представлен процесс проектирования на 3D- и 2D-видах.

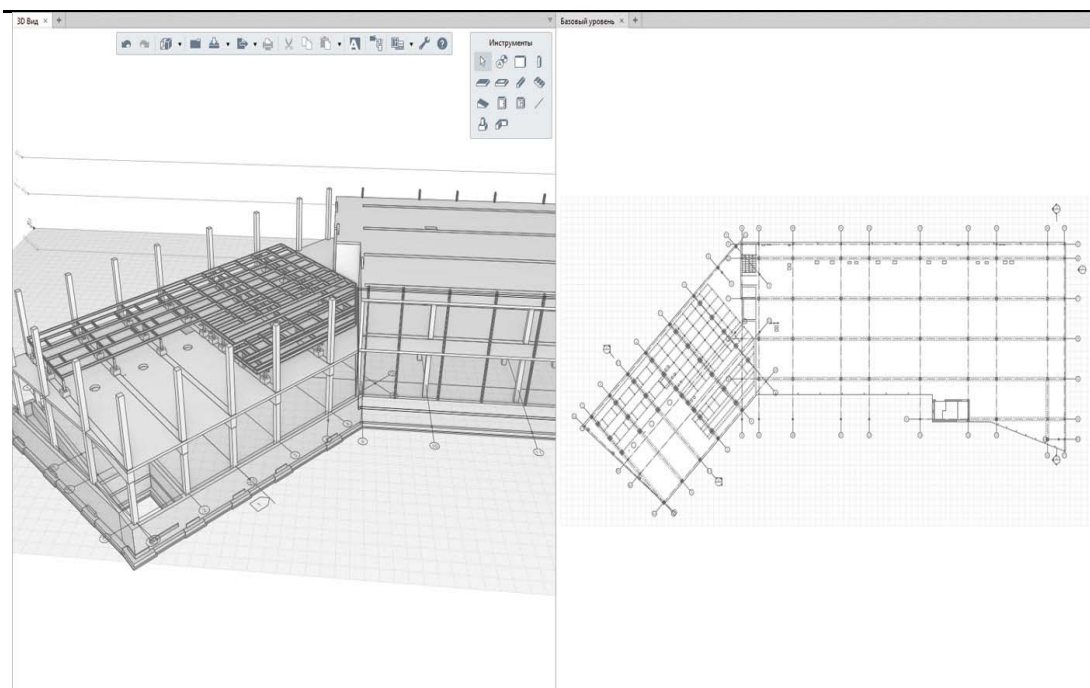


Рис. 3. Процесс проектирования на 3D- и 2D-видах

Все этапы работы ведутся на 3D-сцене с такими объектами, как колонна, балка, фундамент, стена и др. Благодаря удобному расположению панелей, контекстно-ориентированному интерфейсу и понятной системе привязок работа в 3D не является затруднительной. При создании единой модели здания или сооружения пользователь может переходить из 3D в 2D.

На рис. 4 приведен алгоритм создания колонны двутаврового сечения.

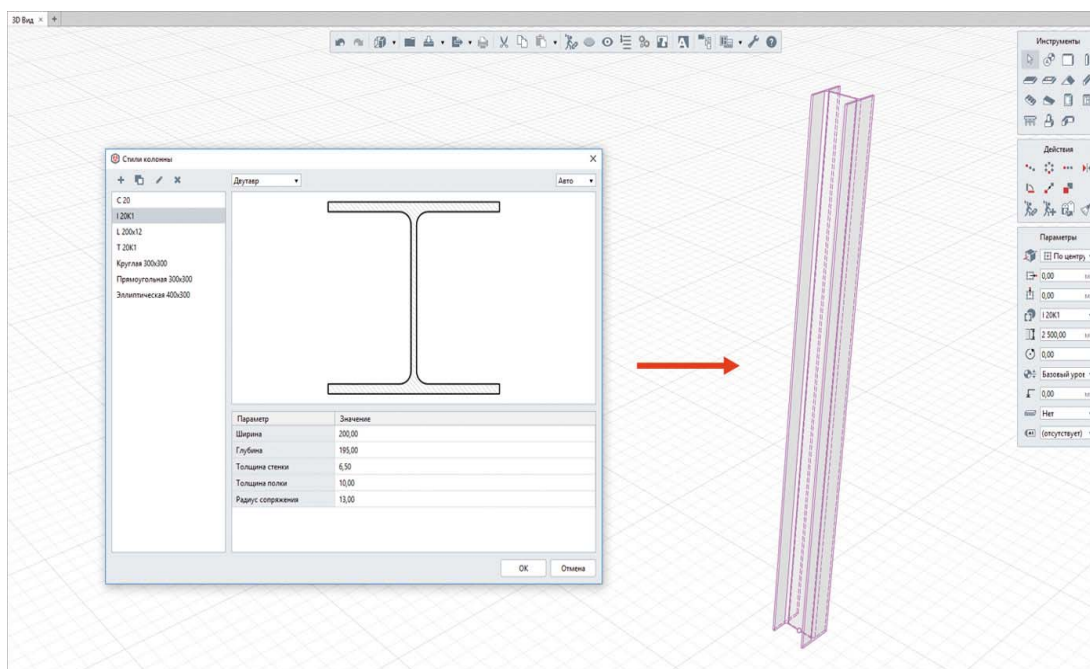


Рис. 4. Алгоритм создания колонны двутаврового сечения

На рис. 5 представлен алгоритм создания коробчатого сечения в Renga.

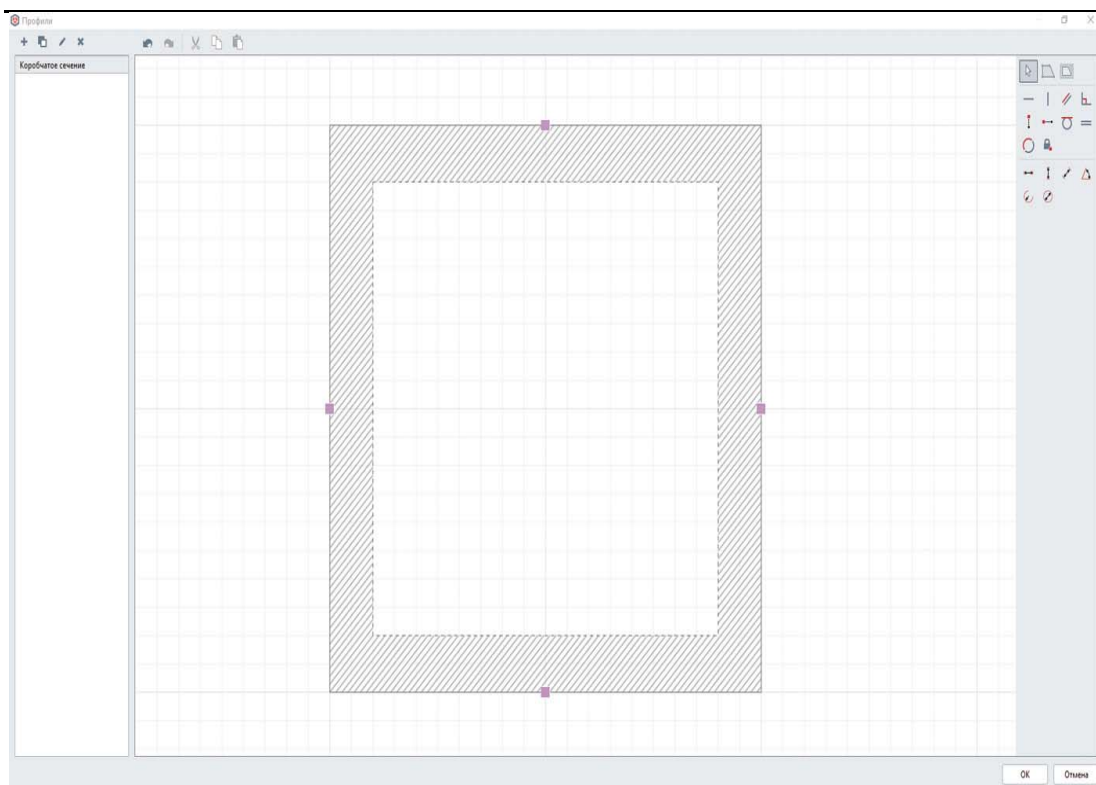


Рис. 5. Алгоритм создания коробчатого сечения в Renga

Программа Renga предоставляет пользователю возможность работать с несколькими мониторами одновременно. Например, перемещать окна с таблицами, чертежами, спецификациями, видами и др. Причем при изменении модели меняется и её вид. Для удобства вращения модели в системе есть режим навигации, позволяющий использовать 3D-мышь. Кроме этого, в Renga можно использовать очки виртуальной реальности Oculus Rift, которые позволяют увидеть изнутри спроектированное здание и оценить проект [1, 2].

На рис. 6 приведен проект сооружения, выполненного из металлоконструкций.

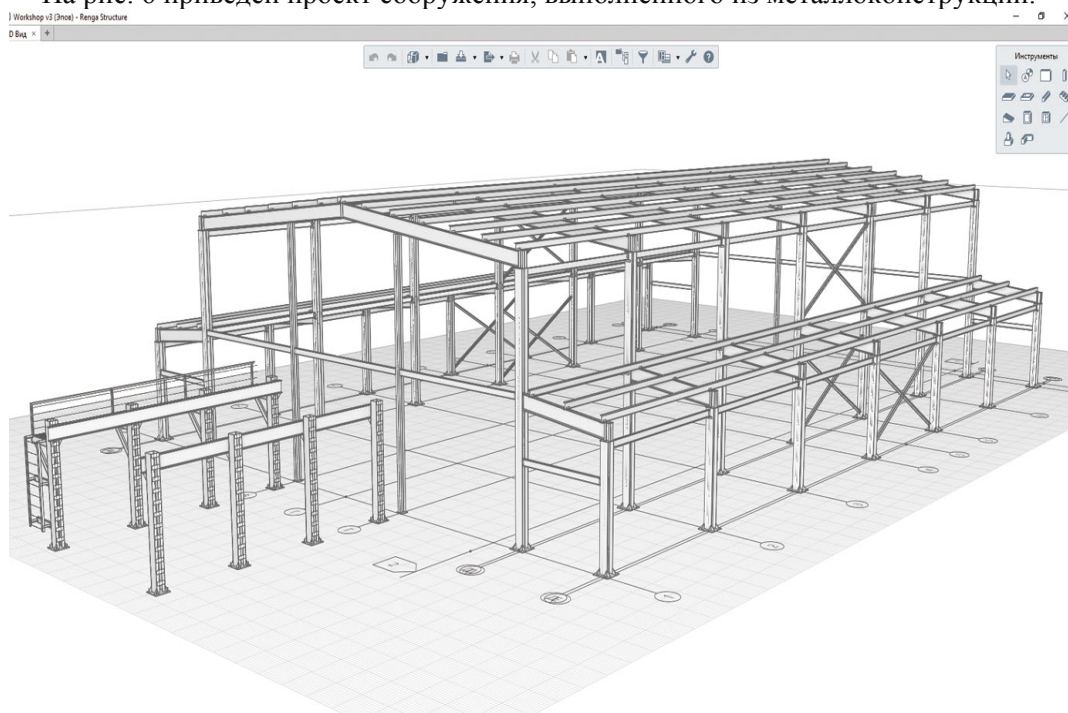


Рис. 6. Проект сооружения, выполненного из металлоконструкций

В процессе работы проектные организации сталкиваются с проблемой поиска нужных элементов, в результате чего значительно возрастает время выполнения заказа. В Renga разработчики предоставили пользователю готовую систему стилей. Новый подход позволил минимизировать трудозатраты по получению объектов нужной конфигурации [3].

Таким образом, технология BIM в значительной степени положительно влияет на развитие строительной отрасли. Расширение функциональных возможностей программы Renga позволило проектным организациям России успешно осуществить переход на информационное моделирование.

Список литературы

1. Свигачева, О.А. Отечественная Bim-система Renga как современная трехмерная программа для проектирования зданий и сооружений / О.А. Свигачева, В.А. Герасенко // Молодой ученый. – 2023. – № 18 (465). – С. 68–69.
2. Дубинин, Д.А. Преимущества использования и развития отечественного Bim: системы для трехмерного проектирования Renga / Д.А. Дубинин, А.А. Набок, В.А. Харин [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 3 (46). – С. 57.
3. Головкина, В.Б. Формирование навыков архитектурного проектирования в системе Renga Architecture / В.Б. Головкина, А.Р. Коршунова // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2016. – № 4–5 (50–51). – С. 8–13.

References

1. Svigacheva, O.A. Domestic Bim-Renga system as a modern three-dimensional program for the design of buildings and structures / O.A. Svigacheva, V.A. Gerasenko // Young Scientist. – 2023. – № 18 (465). – P. 68–69.
2. Dubinin, D.A. Advantages of use and development domestic Bim: systems for three-dimensional design Renga / D.A. Dubinin, A.A. Nabok, V.A. Kharin [etc.] // Engineering Bulletin of the Don. – 2017. – № 3 (46). – P. 57.
3. Golovkina, V.B. Formation of architectural design skills in the Renga Architecture system / V.B. Golovkina, A.R. Korshunova // New University. Series: Technical Sciences. – 2016. – № 4–5 (50–51). – P. 8–13.