



16. Купчикова Н. В. Экспериментальные исследования с ложными ограничениями при разработке способа возведения инъекционной сваи / Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 3. – С. 58–62.

© *Б. Б. Утегенов, Р. И. Шаяхмедов*

Ссылка для цитирования:

Утегенов Б. Б., Шаяхмедов Р. И. Химическая обработка минеральных компонент бетонной смеси // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 3 (49). С. 11–18.

УДК 69.059.7
DOI 10.52684/2312-3702-2024-49-3-18-24

**ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧНЫХ СПОСОБОВ УСИЛЕНИЯ БУТОВЫХ ФУНДАМЕНТОВ
И КИРПИЧНЫХ СТЕН ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАРЫХ ЗДАНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

Ю. И. Тилинин

Тилинин Юрий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (905) 232-16-34; e-mail: tilsp@inbox.ru

В Санкт-Петербурге проблема старения зданий, построенных в период Российской империи и эксплуатируемых в настоящее время в качестве учебных, музейных и иных комплексов становится все актуальнее с нарастанием физического износа строительных конструкций и морального износа зданий. В связи с этим большую актуальность приобретает эффективность способов производства работ по усилению несущих конструкций реконструируемых зданий. На эффективность способов существенно влияют производственные условия реконструкции старого здания, а уже потом рассматриваются в качестве критерия затраты ресурсов. Автором разработана система показателей эффективности способов усиления строительных конструкций при реконструкции старых зданий. Проведена экспертная оценка значимости показателей эффективности и сравнительная оценка эффективности способов усиления фундаментов и стен с учетом производственных условий реконструкции, к которым относится ограничение по применению строительных машин из-за стесненности мест для их размещения, малых проездов во двор здания, малой высоты подвального помещения, близости окружающей застройки.

Ключевые слова: реконструкция, работы, усиление, фундаменты, стены, способ, критерий, эффективность, технологичность, экспертная оценка.

**SELECTION OF TECHNOLOGICAL WAYS FOR STRENGTHENING RUBBLE FOUNDATIONS
AND BRICK WALLS DURING RECONSTRUCTION OF OLD BUILDINGS IN ST. PETERSBURG**

Yu. I. Tilinin

Tilinin Yuriy Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Construction Technology Department, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russian Federation, phone: + 7 (905) 232-16-34; e-mail: tilsp@inbox.ru

In St. Petersburg, the problem of the aging of buildings built during the period of the Russian Empire and currently used as educational, museum and other complexes is becoming more and more urgent with the increase in physical deterioration of building structures and obsolescence of buildings. In this regard, the efficiency of methods for carrying out work to strengthen the load-bearing structures of reconstructed buildings is becoming increasingly relevant. The efficiency of work methods is significantly influenced by the production conditions of the reconstruction of an old building and only then the cost of resources is considered as a criterion. In this connection, the author has developed a system of indicators of the effectiveness of methods for strengthening building structures during the reconstruction of old buildings. An expert assessment of the significance of performance indicators and a comparative assessment of the effectiveness of methods for strengthening foundations and walls was carried out, taking into account the production conditions of reconstruction, which include restrictions on the use of construction machines due to cramped space, small passages to the courtyard of the building, low height of the basement, and proximity to surrounding buildings.

Keywords: reconstruction, work, strengthening, foundations, walls, method, criterion, efficiency, manufacturability, expert assessment.

Введение

Реконструкция старых зданий, построенных в Санкт-Петербурге в период Российской империи, выполняется в соответствии с техническими и технологическими решениями. Указанные решения базируются на данных предпроектных изысканий, которые в эксплуатируемом здании весьма затруднительно провести в полном объеме. В связи с этим технические и технологические решения принимаются приближенно и не в полной мере учитывают производственные факторы, ограничивающие применение строительных машин и соответственно способов производства работ при реконструкции. Существенный вклад в разработку научно-теоретических основ технологии реконструкции внес К. А. Шрейбер [1], рассмотревший различные аспекты встроенного монтажа. Технологии работ при реконструкции и ремонте зданий описаны также в работах А. Ф. Юдина, Ю. Н. Казакова и Ф. М. Адама [2–4].

Общим недостатком названных выше трудов является отсутствие теоретических основ и рекомендаций по оценке эффективности способов производства работ при реконструкции зданий с учетом производственных условий, к которым относится ограничение по применению строительных машин из-за стесненности мест для их размещения, малых проездов во двор здания, малой высоты подвального помещения, близости окружающей застройки.

Впервые данная задача для проведения специальных работ в грунтах ставится и решается в статье А. Н. Гайдо [5]. Однако в ней не рассматриваются работы при реконструкции старых зданий. Проведенный анализ теоретических исследований позволяет утверждать, что научная проблема оценки эффективности способов производства работ при реконструкции зданий является актуальной. Она решается на основе определения значимости показателей эффективности, среди которых важно соответствие способа ограничениям, накладываемым производственными условиями реконструкции. Изложенные обстоятельства повлияли на выбор объекта и предмета исследования.

Объект исследования – реконструируемые старые здания с бутовыми фундаментами и кирпичными стенами, построенные в период Российской империи и эксплуатируемые в настоящее время в качестве учебных, музейных и иных комплексов Санкт-Петербурга.

Предмет исследования – эффективность способов производства работ с учетом ограничений, накладываемых производственными условиями реконструкции.

Целью исследования является разработка критериев эффективности способов производства работ и оценка значимости этих критериев с целью определения последовательности принятия решений при выборе технологических способов производства работ.

При рассмотрении методологии выбора технологических способов производства строительных работ, выполняемых при реконструкции старых зданий решаются в соответствии с составом конструктивных элементов (рис. 1) следующие проблемы [6–9]:

- выбора способов усиления и замены междуэтажных перекрытий;
- выбора способов усиления кирпичных стен, простенков и столбов;
- выбора способов усиления оснований и фундаментов.

В качестве критериев эффективности при выборе способов усиления строительных конструкций автором предложена система показателей технологичности:

1) показатели обеспечения проектных параметров:

- 1.1) обеспечение требуемого качества работ;
- 1.2) несущая способность усиленной конструкции;
- 1.3) показатель надежности работ по усилению конструкции;

2) технико-экономические показатели:

- 2.1) затраты труда рабочих;
- 2.2) затраты времени работы строительных машин;
- 2.3) расход строительных материалов;

3) ограничения по применению машин и механизмов исходя из производственных условий реконструкции:

- 3.1) максимально допустимые габариты машин исходя из площади участка работ;
- 3.2) максимально допустимые габариты машин исходя из транспортных проездов;
- 3.3) максимально допустимые параметры машин исходя из экологической безопасности (снижение шума, пыли, воздействия машин на зеленые насаждения);
- 3.4) максимально допустимые параметры машин исходя из сохранности ближайших эксплуатируемых зданий;
- 3.5) максимально допустимые параметры машин исходя из сохранности охраняемых конструкций реконструируемого здания.

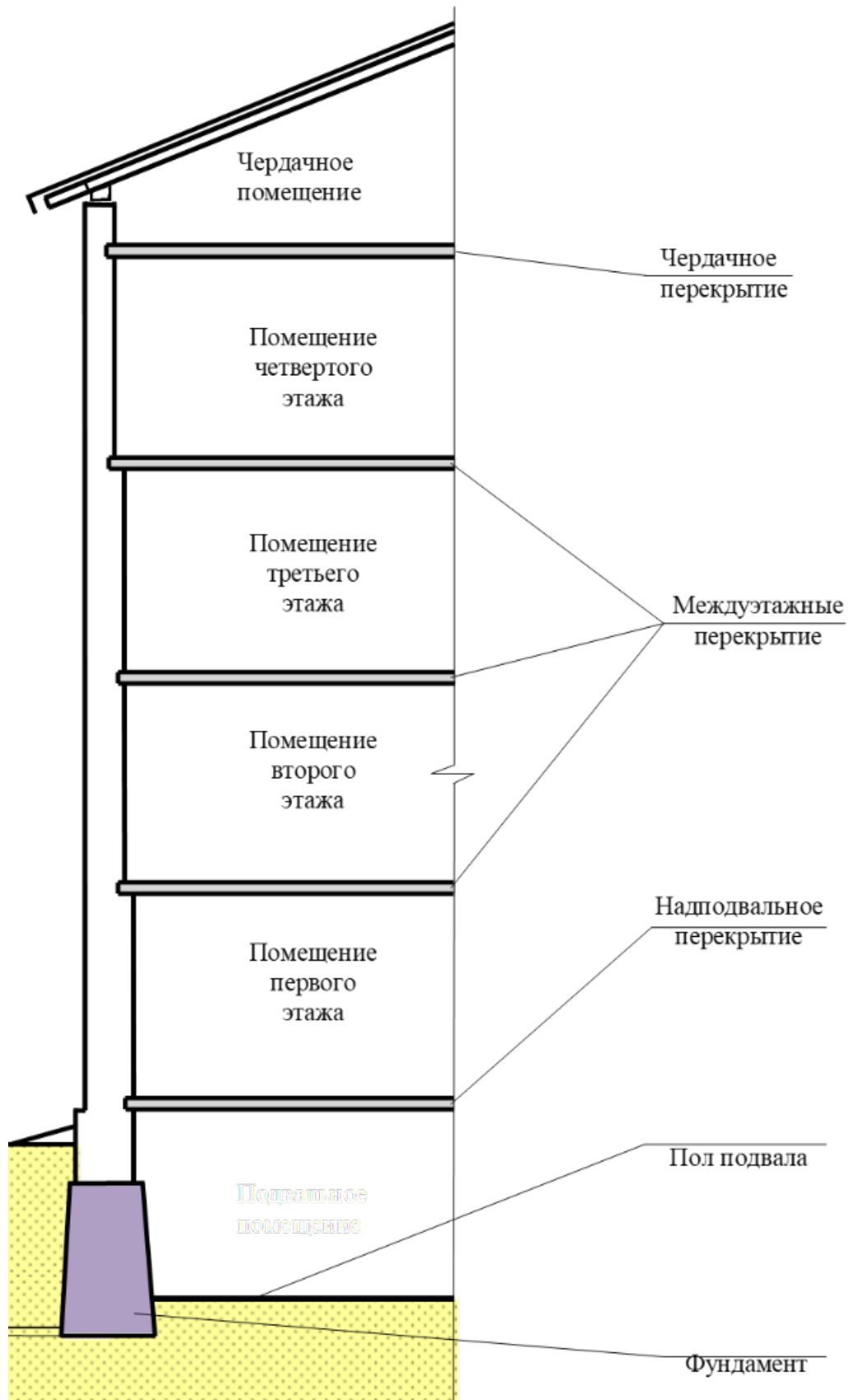


Рис. 1. Схема конструктивных элементов (разрез по наружной стене) исторического здания [4]

Метод исследования

Для определения последовательности оценки эффективности способов усиления строительных конструкций выполнено ранжирование показателей технологичности методом экспертных оценок в диапазоне 1-5 баллов. В результате для каждого показателя определяли сумму баллов по формуле 1:

$$P_{ij} = \sum_{j=1}^m P_i, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где n - число показателей, m - количество экспертов, i - порядковый номер оцениваемого показателя, j - порядковый номер эксперта.

Затем сумму баллов для каждого показателя P_{ij} разделили (формула 3) на сумму баллов по всем показателям P , определяемую по формуле 2:

$$P = \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$x_i = \frac{P_{ij}}{P}, \quad (3)$$

получив в итоге следующий вид ранжирования (формула 4) со значимостью в диапазоне 0-1:

$$x_1 > x_2 > x_3 > x_4 > x_5 > x_6 > x_7 > x_8 > x_9 > x_{10}. \quad (4)$$

Результаты и обсуждения

Результаты проведенной экспертной оценки с целью определения значимости различных показателей технологичности способов усиления строительных конструкций реконструируемых старых зданий Санкт-Петербурга приводятся в таблице 1.

При выборе способов усиления строительных конструкций наиболее значимы показатели, относящиеся к обеспечению проектных параметров, следующими являются ограничения по применению строительных машин исходя из производственных условий. На завершающем этапе из этих способов выбирают вариант с меньшими технико-экономическими показателями затрат труда, машинного времени и материалов.

При выборе способов усиления бутовых фундаментов реконструируемых старых зданий Санкт-Петербурга производственные условия реконструкции можно охарактеризовать факторами 1-7, а трудоемкость работ - фактором 8:

- 1) высокий уровень грунтовых вод;
- 2) водонасыщенные грунты ниже подошвы;
- 3) залегание кембрийских глин от 5 до 35 м;
- 4) подвал с высотой потолка менее 2 м;
- 5) подвал с высотой потолка 2 м и более;
- 6) бутовая кладка близка на некоторых участках к разрушению;
- 7) ограничения производства работ по шуму и запыленности;
- 8) трудоемкость работ.

Таблица 1

Результаты ранжирования показателей технологичности способов усиления строительных конструкций реконструируемых старых зданий Санкт-Петербурга

Показатели технологичности способов усиления кирпичных стен (простенков) и столбов	Значимость показателя
Показатели обеспечения проектных параметров	
Несущая способность усиленной стены	0,147
Обеспечение требуемого качества работ	0,118
Показатель надежности работ по усилению стен	0,112
Ограничения по применению машин исходя из производственных условий	
Максимально допустимые параметры машин исходя из экологической безопасности (снижение шума, пыли, воздействия машин на зеленые насаждения)	0,106
Максимально допустимые параметры машин исходя из сохранности охраняемых конструкций реконструируемого здания	0,101
Максимально допустимые габариты машин исходя из транспортных проездов	0,095
Максимально допустимые параметры машин исходя из сохранности ближайших эксплуатируемых зданий	0,089
Технико-экономические показатели	
Затраты труда рабочих	0,083
Затраты времени работы строительных машин	0,077
Расход строительных материалов	0,071

Таблица 2

Результаты экспертной оценки способов усиления бутовых фундаментов реконструируемых старых зданий Санкт-Петербурга

Способ усиления бутовых фундаментов	Производственные условия								Итого
	1	4	3	7	5	1	7	4	
Усиление железобетонными обоймами	1	4	3	7	5	1	7	4	32
Усиление фундаментов стальными балками	1	5	4	6	5	1	5	4	31
Замена бутовых фундаментов под существующими стенами	1	1	2	6	7	8	7	3	35
Усиление буроинъекционными сваями	7	8	9	2	8	3	5	9	51
Усиление фундаментов торкретированием	1	4	2	5	7	2	5	5	26
Подводка, смена, ремонт и уширение фундаментов	1	1	2	4	7	3	8	3	26
Усиление фундаментов цементацией	1	3	3	5	7	1	6	6	32

Проведена экспертная оценка по десяти-балльной шкале способов усиления бутовых фундаментов с учетом производственных условий и трудоемкости работ (табл. 2).

Недостатки традиционных способов (обоймами, банкетами, стальными балками) заключаются в производстве земляных, арматурных, опалубочных и бетонных работ, причем их производство часто бывает ограничено наличием высокого уровня грунтовых вод [10].

Поэтому при возможности применения в производственных условиях реконструкции буровых установок и достаточной сохранности фундамента для бурения в нем скважин в Санкт-Петербурге вполне эффективно усиление бутовых фундаментов буроинъекционными сваями. Они заглубляются нижней частью в кембрийские глины, залегающие в южных районах города на глубине от пяти до десяти метров, в районе Финского залива – на

глубине двадцать пять и более метров [11, 12]. Наряду с усилением бутовых фундаментов при реконструкции старых зданий осуществляется и усиление кирпичных стен.

Основной строительный материал для стен зданий производился в 1790–1917 году на кирпичных заводах, где применялась ручная формовка глиняной массы звеном из двух человек. Производительность была около одной тысячи кирпичей на человека в смену. Наиболее крупные производства размещались в окрестностях Б. Ижера, Рыбацкое, Усть-Славянка, Новосаратовка, Усть-Ижора [13–16]. Кирпичи изготавливались хорошего качества. Они сохраняют прочностные характеристики в нормальных условиях эксплуатации до сегодняшнего дня.

Кирпичные стены зданий, построенных до 1917 года, имеют переменную по высоте толщину – от двух до семи кирпичей (табл. 3).

Таблица 3

Толщина стен старых зданий Санкт-Петербурга, измеряемая в кирпичях

Виды стен	Толщина стен различных этажей, измеряемая в кирпичях		
	Верхние	Первые	Цокольные
Внутренние	2	3-4	-
Наружные	2	3-4,5	5-6
Наружные стены при перекрытии в виде кирпичных сводов	-	4-6	6-7

Решение об усилении стен принимается в зависимости от технического состояния (дефектности), наличия тонких (волосяных) трещин различной длины, пересекающих ряды кирпичной кладки. В различных рекомендациях и стандартах рассматривается четыре категории технического состояния [17]. Автор придерживается в статье Правил обследования несущих строительных конструкций зда-

ний и сооружений (СП 13-12-102-2003), в которых указано пять категорий технического состояния:

- 1) исправное;
- 2) работоспособное;
- 3) ограниченно работоспособное;
- 4) недопустимое;
- 5) аварийное.

Для каждой из пяти категорий предусматриваются два-три способа усиления с учетом

несущей способности, рассчитываемой с использованием коэффициента дефектности по формуле 5:

$$\Phi = N \times K\partial, \quad (5)$$

где N – прочность материала конструкции; $K\partial$ – коэффициент дефектности кирпичных стен определяется по таблице 4.

При выявлении трещин в процессе технического обследования и несоответствия фак-

тической несущей способности кладки требованиям реконструкции рассчитывается коэффициент снижения несущей способности кирпичных стен, измеряемой в долях от проектного показателя. На основании этого коэффициента присваивается соответствующая категория технического состояния и даются общие рекомендации по усилению кирпичных стен, простенков и столбов (табл. 5).

Таблица 4

Коэффициент дефектности кирпичных стен исторических зданий – $K\partial$

Дефекты в виде трещин	$K\partial$
Трещины в отдельных кирпичах	1
Пересекающие не более двух рядов кирпичей в кладке стены тонкие трещины длиной не более 17 см, одна или две трещины на один метр	0,85
Пересекающие не более трех рядов кирпичей в кладке стены тонкие трещины длиной до 32 см, три трещины на один метр	0,65
Пересекающие не более пяти рядов кирпичей в кладке стены тонкие трещины длиной до 53 см, четыре или пять трещин на один метр	0,45
Пересекающие шесть или семь рядов кирпичей в кладке стены тонкие трещины длиной 53 или 62 см, пять или семь трещин на один метр	0,15

Таблица 5

Общие рекомендации по усилению кирпичных стен, простенков и столбов при различных категориях технического состояния

Категория технического состояния	Коэффициент снижения несущей способности	Способы усиления
1. Исправное	0,00–0,07	Инъекция
2. Работоспособное	0,08–0,14	Обойма
3. Ограниченно работоспособное	0,15–0,24	Обойма или сердечник
4. Недопустимое	0,25–0,47	Перекладка и обойма
5. Аварийное	0,48–0,53	Перекладка, сердечник и обойма, тяжи

Усиление кирпичных стен с незначительными трещинами может выполняться инъектированием, нагнетанием через пробуренные в кладке отверстия цементно-полимерного раствора. В пробуренные отверстия устанавливаются пакеры, потом к ним подсоединяется подающий трубопровод от нагнетательной установки. Если кладка сохранила целостность, то на простенок или кирпичный столб можно сразу, без предварительного инъектирования, установить металлическую или монолитную железобетонную обойму, заделать в стену стальные или железобетонные вставки-сердечники.

Заключение

Таким образом, опираясь на проведенное исследование, можно сделать вывод о том, что при реконструкции старых зданий в Санкт-Петербурге буроинъекционные сваи наиболее технологичны для усиления фундаментов, а при усилении стен в большинстве случаев наиболее технологичен комбинированный способ усиления, заключающийся в инъектировании слабой кладки и устройстве затем металлической усиливающей обоймы. Выбор способов усиления и замены перекрытий будет рассмотрен в дальнейших работах.

Список литературы

1. Шрейбер К. А. Организационно-технологическая подготовка мероприятий по обеспечению надежности зданий / К. А. Шрейбер, К. К. Шрейбер // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 3. – С. 42–46. – DOI: 10.33622/0869-7019.2020.03.42-46.2.
2. Юдина А. Ф. Современные технологии при реконструкции зданий и сооружений / А. Ф. Юдина // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 3 (62). – С. 117–123.
3. Юдина А. Ф. Реконструкция перекрытий в зданиях старого жилого фонда методом облегченной конструкции / А. Ф. Юдина // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 3 (99). – С. 317–326.



4. Казаков Ю. Н. Технология реконструкции зданий : монография / Ю. Н. Казаков, Ф. М. Адам. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 120 с.
5. Гайдо А. Н. Оценка показателей надежности и качества способов производства работ нулевого цикла / А. Н. Гайдо // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 1 (78). – С. 116–126.
6. Возняк Е. Р., Головина С. Г., Пухаренко Ю. В. Трансформация исторических зданий в Санкт-Петербурге и сохранение архитектурных и конструктивных элементов разных периодов / Е. Р. Возняк, С. Г. Головина, Ю. В. Пухаренко // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 5 (82). – С. 5–11
7. Тилинин Ю. И. Домостроительные технологии в системе сохранения и развития архитектурно-планировочной структуры исторических российских городов: монография / Ю. И. Тилинин, О. А. Пастух. (принадлежит авторство первой главы), Д. А. Животов, А. Н. Панин. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – 239 с.
8. Мангушев Р. А. Петербургский «генетический код». Век XVIII и век XXI / Р. А. Мангушев, Н. С. Новородская, Т. А. Датсюк, Л. Н. Кондратьева // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 5 (76). – С. 33–40.
9. Соколов В. А. Вероятностный анализ технического состояния кирпичных стен зданий старой городской застройки / В. А. Соколов // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 1 (57). – С. 65–73.
10. Gaido A. Rationale for method of earthworks and foundation works during reconstruction / A. Gaido, S. Evtyukov // Contemporary Problems of Architecture and Construction : Proceedings of the 12th International Conference, ICCPAS, 2020. – CRC Press, 2021. – С. 31–36.
11. Мангушев Р. А. Геотехника Санкт-Петербурга. Опыт строительства на слабых грунтах: монография / Р. А. Мангушев, А. И. Осокин, С. Н. Сотников. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 2018. – 386 с.
12. Мангушев Р. А. Особенности устройства фундаментов исторических зданий Санкт-Петербурга / Р. А. Мангушев, А. И. Осокин // Жилищное строительство. – 2009. – № 2. – С. 46–48.
13. Yudina A., Tilinin Yu. Selection of criteria for comparative evaluation of house building / A. Yudina, Yu. Tilinin // Architecture and Engineering. – 2019. – Т. 4, № 1. – С. 47–52. – DOI: <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2019-4-1-47-52>.
14. Тилинин Ю. И. Технологии строительства зданий в городских условиях / Ю. И. Тилинин, Д. А. Животов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 1 (43). – С. 32–37.
15. Юдина А. Ф. Развитие технологий жилищного строительства в Санкт-Петербурге / А. Ф. Юдина, С. А. Евтюков, Ю. И. Тилинин // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 1 (72). – С. 110–119.
16. Семенцов С. В. Развитие промышленности и ремесел в Санкт-Петербурге и окрестностях при Петре Первом / С. В. Семенцов, М. С. Штиглиц // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 6 (77). – С. 53–59.
17. Лapidус А. А. Организация работ по обследованию зданий и сооружений / А. А. Лapidус, Д. В. Топчий // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 3. – С. 12–15.

© Ю. И. Тилинин

Ссылка для цитирования:

Тилинин Ю. И. Выбор технологичных способов усиления бутовых фундаментов и кирпичных стен при реконструкции старых зданий Санкт-Петербурга // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 3 (49). С. 18–24.

УДК 665.775.4

DOI 10.52684/2312-3702-2024-49-3-24-30

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО СТАРЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

Д. Ю. Небрaтенко

Небрaтенко Дмитрий Юрьевич, кандидат химических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты», Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7(916) 936-35-81; e-mail: nebratenko@mail.ru

Одним из повсеместно присутствующих, но не всегда учитываемых природных воздействий в спектре солнечного света является УФ-излучение. Несмотря на незначительную глубину проникания данного типа излучения в верхние слои дорожных покрытий, его энергии достаточно для инициирования физико-химических процессов даже при относительно низких температурах. С учетом постоянного воздействия солнечного света в течение всего года и уноса шинами автомобиля компонентов самого верхнего слоя дорожного покрытия, разрушающегося под влиянием УФ-излучения (шелушения), суммарный ущерб становится весьма ощутимым. В статье проведена оценка влияния дозы поглощенного на физико-механические показатели промышленно выпускаемых полимерно-битумных вяжущих. Установлено снижение проницаемости и повышение жесткости вяжущего после УФ-облучения в течение 30 ч для битума нефтяного