

Ссылка для цитирования:

Игнатъев А. В., Бочков М. И., Калиновский С. А., Завьялов И. С. Идеальное шарнирное соединение стержневых и пластинчатых конечных элементов смешанной формы // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 3 (49). С. 5–11.

УДК 666.97.03

DOI 10.52684/2312-3702-2024-49-3-11-18

ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Б. Б. Утегенов, Р. И. Шаяхмедов

Утегенов Бахитжан Бахиткалиевич, старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, ул. Таищева, 18; e-mail: utegen76@mail.ru;

Шаяхмедов Растам Ирфагильевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, ул. Таищева, 18; e-mail: rastams@mail.ru

Цель исследования – определение возможности удаления с поверхности минеральных компонентов бетонной смеси жестко сцементированных с ней частиц глины путем предварительной химической обработки раствором гидроокиси аммония. Научная новизна заключается в том, что впервые рассматривается и проверяется гипотеза о принципиальной возможности существования упомянутого способа обработки. Предварительная обработка поверхности минеральных компонентов бетонной смеси – одно из актуальных направлений повышения качества бетона. В исследовании используются методы и приемы инновационного консалтинга. Доказана принципиальная возможность и эффективность предложенного способа химической обработки. В результате проведенного исследования средняя прочность образцов бетона на сжатие увеличилась на 187 %.

Ключевые слова: бетонная смесь, щебень, частицы глины, химическая обработка, гидроокись аммония, аммиак, гидроокись алюминия, повторная мойка.

CHEMICAL TREATMENT OF THE MINERAL COMPONENTS OF THE CONCRETE MIX

B. B. Utegenov, R. I. Shayakhmedov

Utegenov Bakhitzhan Bakhitkaliyevich, Senior Lecturer of Industrial and Civil Engineering Department, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Taishcheva St., 18; e-mail: utegen76@mail.ru;

Shayakhmedov Rastam Irfagilyevich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Real Estate Expertise, Operation and Management Department, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Taishcheva St., 18; e-mail: rastams@mail.ru

The purpose of the study is to determine the possibility of removing clay particles rigidly cemented with it from the surface of the mineral components of the concrete mixture by preliminary chemical treatment with a solution of ammonium hydroxide. The scientific novelty lies in the fact that for the first time the hypothesis of the principal possibility of the existence of the mentioned processing method is being considered and tested. Pretreatment of the surface of the mineral components of the concrete mix is one of the most relevant areas for improving the quality of concrete. The research uses methods and techniques of innovative consulting. The principal possibility and effectiveness of the proposed method of chemical treatment is proved. As a result of the study, the average compressive strength of concrete samples increased by 187 %.

Keywords: concrete mix, clay particles, rubble, chemical treatment, ammonium hydroxide, ammonia, aluminum hydroxide, repeated washing.

Предварительное мытье щебня и песка, в том числе раствором поверхностно-активных веществ, – одно из направлений [1, 2] повышения качества бетонной смеси (БС) и получаемого из нее

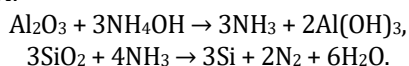
бетона. При этом мытье песка может осуществляться непосредственно в аппарате вихревого смешения [3], что резко увеличивает эффективность данного процесса.



В настоящее время такой вид мойки неприменим к щебню из-за крупных размеров его частиц. Обычная же промывка раствором поверхностно-активных веществ или этим же раствором, активированным в аппарате вихревого смешения, позволяет удалить или дезинтегрировать из БС только расположенные на поверхности и между зернами щебня свободные частицы глины. Однако карбонатные породы, из которых изготавливается рассматриваемый строительный материал, изначально включают в себя частицы и тонкие слои глины, жестко сцементированные с кристаллическими зернами карбоната [4–5], а следовательно, и качество смеси. При производстве щебня путем механического дробления материнской породы линии раскола проходят по таким слабым местам, и на поверхности полученных частиц оказываются тонкие слои глины, сцементированные с карбонатом. Удалять такие частицы путем мойки растворами поверхностно-активных веществ малоэффективно.

Для решения этой проблемы применим такой прием инновационного консалтинга [6], как «замена механического воздействия химическим». Если на поверхность щебня воздействовать водным раствором гидроксида аммония (ГОА), частицы и пленки глины, сцементированные с поверхностью карбонатной породы, вступают в реакцию с данным раствором.

В состав глин входят два основных минерала: каолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ и монтмориллонит $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O$ [6]. Составляющие этих минералов реагируют с ГОА [8, 9] следующим образом:



Наличие газовой составляющей среди продуктов реакций гарантирует их необратимость.

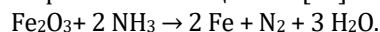
Цель исследования – определить возможность удаления с поверхности минеральных компонентов (МК) БС жестко сцементированных с ней частиц глины путем предварительной химической обработки МК раствором ГОА. Достижению этой цели мешают определенные проблемы, которые и сформулировали задачи исследования.

Задачи исследования

Получающиеся в результате первой реакции продукты имеют негативные свойства:

- аммиак обладает вредным воздействием на организм человека [10], работающего с компонентами бетонной смеси;
- гидроксид алюминия обладает адсорбирующими свойствами [11], то есть может соединяться с отдельными компонентами БС, ухудшая свойства бетона.

Первую проблему предлагается решать совместной обработкой в растворе гидроксида аммония щебня и песка, предназначенных для приготовления бетонной смеси (прием инновационного консалтинга – «использование элементов внешней среды»). При этом аммиак, выделяющийся по первой реакции, гарантированно (избыток оксида кремния при добавке песка) поглощается во второй. В нейтрализации газообразного аммиака будет участвовать и пленка из окиси железа на поверхности частиц песка [12].



Для повышения эффективности поглощения аммиака химическая обработка может производиться в герметичной бетономешалке. При этом концентрация раствора определяется количеством глинистого вещества, содержащегося в материнской карбонатной породе.

Вторая проблема решается сливом продуктов химической обработки и последующей мойкой щебня и бетона.

Итак, основной будет гипотеза о принципиальной возможности существования упомянутого способа химической обработки минеральных компонентов БС. Анализ научной литературы и патентные исследования показали, что подобная проблема рассматривается впервые.

Проверим данную гипотезу. Проведем следующий опыт:

1. В бетономешалку поместим 12 кг щебня нормализованного гранулометрического состава и 4 кг песка нормализованного гранулометрического состава [13], а также 2,1 л воды с 40 г 10%-го раствора гидроксида аммония.
2. Обрабатываем смесь, накрыв крышкой в течение 5 мин. (совмещение процессов растворения ГОА в большем количестве воды, мойки и химической обработки МК).
3. Солим из бетономешалки 920 г отработанного помывочного раствора и добавим 920 г воды для повторной мойки.
4. Проведем в течение 5 мин. отмывку минеральных компонентов от гидроокиси алюминия.
5. Солим 900 г отработанного помывочного раствора.
6. Добавим в бетономешалку 2,4 кг бездобавочного портландцемента марки ЦЕМ 0 52,5Н ГОСТ 31108-2020 (СЕМ I 52,5 N) и 360 г воды.
7. Приготовим 20 кг бетонной смеси путем перемешивания всех компонент.
8. Из полученной БС изготовим семь контрольных образцов и испытаем их для выявления предела прочности на сжатие. Полученные результаты отражены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытания опытных образцов бетона

№ образца	Ширина, см	Длина, см	Высота, см	Объем, см ³	Вес, г	Плотность, г\см ³	Предел прочности на сжатие, кг/см ²
1	10,02	10,01	10,32	1035,098	2465	2,381417	341
2	10,00	10,03	9,74	976,922	2400	2,456696	354
3	10,04	10,09	10,19	1032,284	2545	2,465408	327
4	10,08	10,08	10,13	1029,273	2510	2,438615	343
5	10,11	10,11	9,91	1012,922	2445	2,413809	352
6	10,07	10,04	10,12	1023,16	2480	2,423863	340
7	10,12	10,01	10,02	1015,038	2545	2,507295	357
Среднее значение						2,440806	345

Сравним с контрольными образцами, изготовленными по той же рецептуре с применением минеральных компонентов нормализованного гранулометрического состава, с двойной мойкой водой без гидроксида аммония (табл. 2). Очевидно, что средняя прочность образцов бетона на сжатие увеличилась на 185 %, при том, что плотность осталась почти на прежнем уровне.

Для определения роли второй мойки, проведем еще серию опытов. Для этого изготовим

образцы по той же рецептуре что и в таблице 1, но без использования второй мойки (удаление гидроксида алюминия, табл. 3). Очевидно, что в данном варианте средняя прочность образцов бетона на сжатие увеличилась по сравнению с базовым вариантом только на 127 %. Произошло это, скорее всего, за счет частично оставшейся в бетонной смеси гидроксида алюминия, которая, осев на поверхности МК, снизила прочность бетона на:

$$185 - 127 = 58 \%$$

Таблица 2

Результаты испытания базовых образцов бетона

№ образца	Ширина, см	Длина, см	Высота, см	Объем, см ³	Вес, г	Плотность, г\см ³	Предел прочности на сжатие, кг/см ²
1	10,08	10,04	10,04	1016,08	2465	2,42599	107
2	10,11	10,08	10,21	1040,489	2495	2,397911	123
3	10,06	10,02	10,24	1032,204	2465	2,388093	132
4	10,09	10,07	10,24	1040,449	2535	2,436449	135
5	10,04	10,06	10,36	1046,385	2535	2,422627	119
6	9,89	10,00	10,29	1017,681	2480	2,436913	138
7	10,07	10,03	10,35	1045,372	2405	2,300617	90
Среднее значение						2,40	121

Таблица 3

Результаты испытания образцов бетона по варианту 2

№ образца	Ширина, см	Длина, см	Высота, см	Объем, см ³	Вес, г	Плотность, г\см ³	Предел прочности на сжатие, кг/см ²
1	10,05	10,02	10,10	1017,08	2425	2,384276	309
2	10,00	10,05	9,99	1003,995	2445	2,435271	271
3	10,10	10,11	10,30	1051,743	2520	2,396022	235
4	10,15	10,08	10,26	1049,721	2525	2,405401	284
5	10,04	10,11	10,12	1027,225	2470	2,404538	273
6	10,06	10,05	9,90	1000,92	2415	2,412781	275
7	10,07	10,07	10,11	1025,204	2467	2,406351	274
Среднее значение						2,41	275

Достигнутые результаты:

- средняя прочность образцов бетона на сжатие после предварительной химической обработки минеральных компонентов БС 0,02 % раствором ГОА и последующей их мойки

для полного удаления продуктов реакции увеличилась на 185 %;

- на долю второй мойки приходится 58 % этого эффекта.

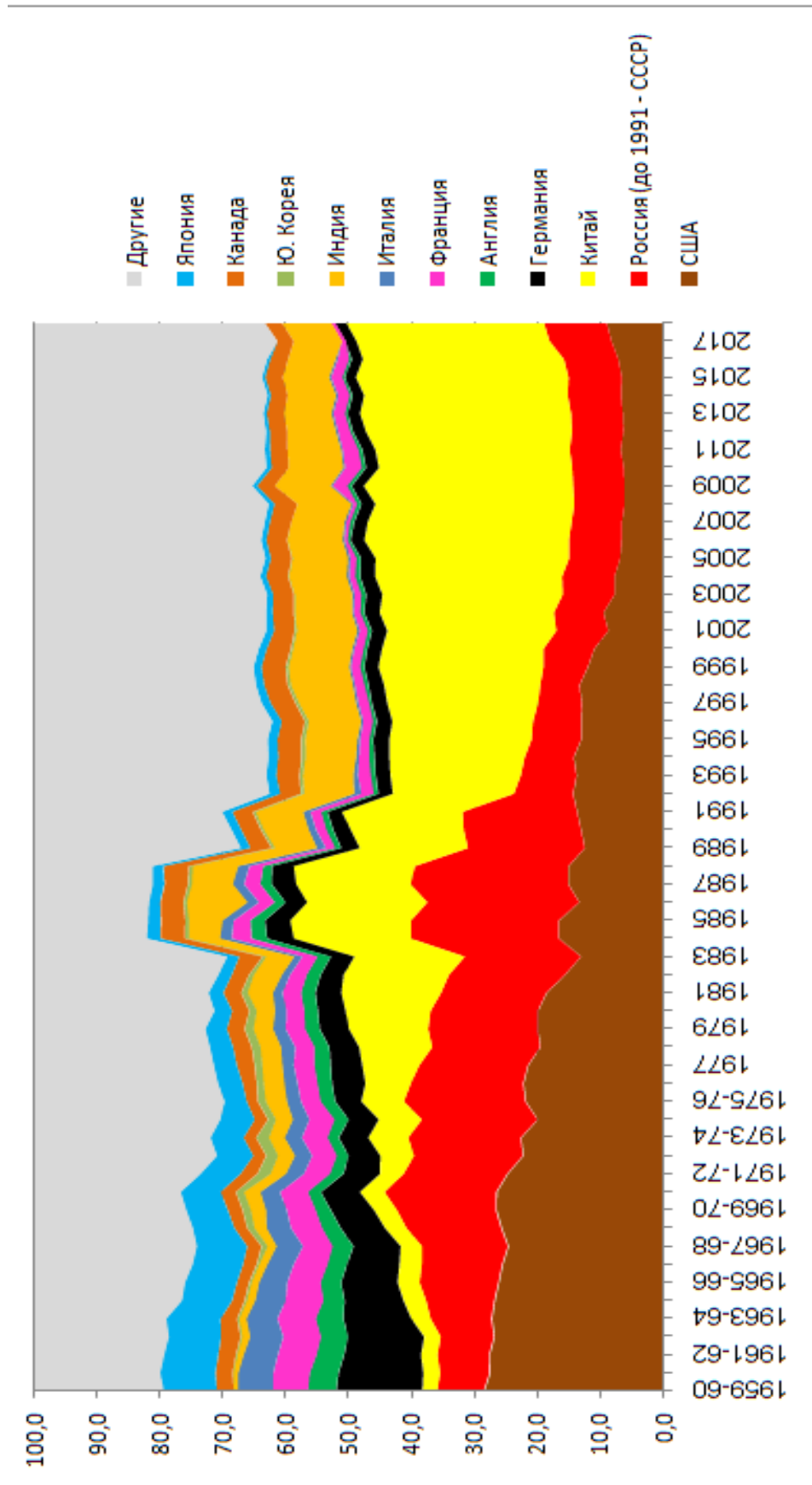


Рис. 1. Производство аммиака (по содержанию азота) в странах мира, %

Выводы:

- все поставленные задачи решены с применением совместной (щебня и песка) герметичной химической обработки МК бетонной смеси и их повторной мойки;
- доказана принципиальная возможность удаления с поверхности БС жестко цементированных с ней частиц глины путем предварительной химической обработки этих компонентов раствором гидроксида аммония.

Применимость предлагаемого способа обработки

Сырье

Основа ГОА – аммиак, производимый в Российской Федерации промышленностью минеральных удобрений миллионами тонн (17 млн т в 2023 году), а в мире – десятками миллионов тонн (рис. 1).

В продажу (рис. 2) гидроксид аммония поступает в виде 25%-го раствора в пластиковых еврокубах (43–47 руб. за кг), канистрах (48–52 руб. за кг) [14] и бутылках (56 руб. за кг) [15].

В одной полулитровой бутылке (самый дорогой вариант) содержится 125 г ГОА. На 20 кг

бетонной смеси уходит 4 г гидроксида аммония, то есть одной поллитровой бутылки хватит на:

$$(125 \times 20) / 4 = 625 \text{ кг БС.}$$

Затраты на тонну БС составят: $1000 / 625 \times 56 = 89,6$ руб. Сырьевые затраты на приготовление одной тонны смеси в условиях Астраханской области – 1151,4 руб. (табл. 4).

Сырьевые затраты возрастут только на 7–8 %. Расход ГОА можно сократить, если процесс обработки разбить на три этапа:

- предварительная мойка минеральных компонентов водой и слив отработанной помывочной воды для удаления частиц глины, не цементированных с поверхностью щебня;
- химическая обработка МК водным раствором гидроксида аммония и слив отработанного помывочного раствора для удаления частиц глины, цементированных с поверхностью щебня;
- окончательная мойка компонентов водой и слив отработанной помывочной воды для удаления продуктов химической реакции с поверхности щебня и песка.

Таблица 4

Стоимость материалов, расходуемых при производстве тонны бетонной смеси

Наименование компоненты	Стоимость за 1 т, руб.	Доля, кг/т	Стоимость, руб.
Вода техническая	42,7	80	3,4
Щебень	850	600	510,0
Песок	550	200	110,0
Портландцемент	4400	120	528,0
ИТОГО		1000	1151,4



Рис. 2. Раствор гидроксида аммония в еврокубах, канистрах и бутылках

При этом возрастут затраты на мойку, и окончательное решение [16] о кратности процесса будет зависеть от конкретных условий (наличия несвязанных частиц глины в составе конкретных МК).

Применимость предлагаемого способа обработки. Оборудование

Для обеспечения герметичности химической обработки на центробежной бетономешалке достаточно установить крышку. На период слива отработанного помывочного раствора ее можно заменить на крышку с микроотверстиями и использовать миксер стационарный, строительный с откидывающейся

крышкой (рис. 3). Она обеспечит герметичность химической обработки. Слив отработанного помывочного раствора производится так же, как и опорожнение миксера – путем наклона. Принудительный характер позволит резко сократить время многоэтапной мойки в миксере и повысить ее производительность.

Предварительная (до химической обработки) мойка щебня и песка может производиться отдельно в высокопроизводительном моечном оборудовании открытого (без герметизации) типа (рис. 4, 5). При этом придется мониторить (постоянно измерять) влажность получаемого продукта.



Рис. 3. Миксер стационарный строительный



Рис. 4. Гравиемойка



Рис. 5. Пескомойка

Список литературы

1. Галатюк В. А. Повышение эффективности технологии очистки песка с помощью поверхностно-активных веществ / В. А. Галатюк, К. С. Хроменкова, Е. А. Шляхова // Молодой исследователь Дона. – 2018. – № 2 (11). – С. 21–25.
2. Патент № 2405746 Российская Федерация, МПК C04B 18/12 B07B 1/00. Способ получения строительных песков из отсеков, образующихся при производстве щебня : заявл. 2009129561/03 ; опубл. 10.12. 2010 / В. А. Арсентьев, С. Н. Панарин, Л. Ф. Биленко ; заявитель: ООО «Научно-производственная корпорация "Механобр-техника"». – 9 с.
3. Утегенов Б. Б., Шаяхмедов Р. И. Промывка песка для бетонной смеси с использованием поверхностно-активных веществ в аппарате вихревого смешения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3. – С. 43–47.
4. Платонов М. В. Петрография обломочных и карбонатных пород : учебно-методическое пособие / М. В. Платонов, М. А. Тугарова. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет, 2003. – 80 с.
5. Краткий определитель горных пород по внешним признакам : методические указания к выполнению лабораторных работ по инженерной геологии. – Новосибирск, 2011. – 37 с.
6. Шаяхмедов Р. И. Основы научных исследований. Мнемотехника и приемы инновационного консалтинга / Р. И. Шаяхмедов. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – 100 с.
7. Щеколдин Р. А. Глинистые породы / Р. А. Щеколдин // Литология : конспект лекций. – Режим доступа: http://r-schekoldin.ru/Lithology_files/clay_rocks.htm, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
8. Химические уравнения онлайн. – Режим доступа: <https://chemequations.com/ru/?s=Al2O3+++%2B+3NH4OH+%E2%86%92+3NH3++%2B+2Al%28ON%293&ref=input>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
9. Химические уравнения онлайн. – Режим доступа: <https://chemequations.com/ru/?s=3SiO2+%2B+4NH3+%E2%86%92+3Si+%2B+2N2+%2B+6H2O&ref=input>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
10. Аммиак и его воздействие на организм человека // РИА Новости. – Режим доступа: <https://ria.ru/20230607/ammiak-1876777200.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
11. Гидроокись алюминия как адсорбент // Химия и химическая технология : справочник химика 21. – Режим доступа: <https://www.chem21.info/info/139403/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Химические уравнения онлайн. – Режим доступа: <https://chemequations.com/ru/?s=Fe2O3+%2B+NH3+%3D+Fe+%2B+N2+%2B+H2O>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. Утегенов Б. Б., Шаяхмедов Р. И. Определение оптимальной степени дезинтеграции речного песка в аппарате вихревого смешения / Б. Б. Утегенов, Р. И. Шаяхмедов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 4. – С. 35–41.
14. Аммиак водный марки «А» // Общество с ограниченной ответственностью «Аквахим». – Режим доступа: <https://himrus.ru/catalog/tekhnicheskaya-himiya/ammiak>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
15. Аммиак водный ЧДА, Санкт-Петербург // BIZORG: товары и услуги. – Режим доступа: <https://bizorg.ru/ammiak-vodnyu-tekhnicheskij-r/p2062801-ammiak-vodnyu-chda>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.



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.