

Ю.М. БАЖЕНОВ¹, Г.В. НАЛБАНДЯН¹, В.А. УШКОВ¹

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),
г. Москва, Россия

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

Аннотация. Обоснована целесообразность плазменной обработки сырьевых компонентов для повышения физико-механических показателей строительных растворов на цементном вяжущем. Разработанный метод плазменной модификации сырьевых компонентов характеризуется высокой эффективностью и удобством в применении. Рассмотрено влияние ремонтных составов на цементном вяжущем на прочность восстановленных и усиленных плит перекрытия, моделирующих плоские железобетонные плиты перекрытия коммуникационных коллекторов. Показано, что ремонтные составы на цементной основе восстанавливают несущую способность плит перекрытия на 72,1 – 96,5%, а разрушение восстановленных плит происходит по ремонтному составу. Установлено, что внешнее армирование восстановленных железобетонных плит перекрытия с помощью углеродной ленты марки CarbonWrapTape 230/150 повышает их несущую способность в 1,7 – 3,8 раза. Эффективность применения эпоксидных композиционных материалов для усиления строительных конструкций различного функционального назначения подтверждена результатами экспериментальных исследований и поверочных расчетов железобетонных плит перекрытия.

Ключевые слова: внешнее армирование, вода затворения, кварцевый песок, композиционные материалы, низкотемпературная плазма, плита перекрытия, ремонтный состав.

Yu.M. BAZHENOV¹, G.V. NALBANDYAN¹, V.A. USHKOV¹

¹Moscow State (National Research) University of Civil Engineering NRU MGSU, Moscow, Russia

BEARING CAPACITY OF RECONDITIONED ARMORED CONCRETE FLOOR SLABS

Abstract. It has been substantiated that plasma treatment of raw components is expedient to enhance the physical and mechanical properties of building mortars based on cementitious binder. The developed method of plasma modification of raw components is notable for high efficiency and usability. It has been considered how repair compositions based on cementitious binder have influence on the mechanical strength of the reconditioned and armored floor slabs simulating flat floor slabs of communication conduits. It is shown that the repair compositions based on cementitious binder restore the bearing capacity of the floor slabs by 72.1–96.5%, and when tested for breakdown the reconditioned slabs fail within the repair composition. It has been found that after external reinforcement of the reconditioned armored floor slabs with CarbonWrap Tape 230/150 their bearing capacity increases by 1.7–3.8 times. The effectiveness of epoxy composite materials for strengthening of the building constructions of various functional purpose is proved with the results of experimental studies and checking calculations of the armored floor slabs.

Keywords: external reinforcement, mixing water, quartz sand, composite materials, low-temperature plasma, floor slab, repair composition.

Введение.

При выполнении работ по ремонту и восстановлению железобетонных конструкций (ЖБК) важной задачей является выбор эффективных ремонтных материалов, которые позволят восстановить проектные эксплуатационные характеристики конструкций на последующий срок их эксплуатации, а также первоначальную форму и внешний вид строительных конструкций. Для этих целей чаще всего используют тиксотропные ремонтные составы, содержащие высокопрочный портландцемент, фракционный кварцевый песок, полимерную фибру и различные химические добавки [1-3]. Строительный рынок предлагает широкий ассортимент ремонтных составов, различающихся по стоимости, технологическим и физико-механическим характеристикам, условиям их применения. Это значительно осложняет выбор строительных материалов для проведения ремонтно-восстановительных работ. В отечественной нормативной документации сформулированы требования к эксплуатационным свойствам материалов и системам для ремонта ЖБК, в том числе для подземных сооружений, находящихся в эксплуатации (ГОСТ 32016 – 2012, ГОСТ 32017 – 2012, ГОСТ 33762-2016 и ГОСТ Р 56378-2015). Так, например, ГОСТ 32016 и ГОСТ 32017 устанавливают основные принципы и методы ремонта, защиты железобетонных конструкций от коррозии, требования к подготовке основания конструкций при их антикоррозионной защите и ремонте.

Одновременно проводят исследования по улучшению технологических и эксплуатационных свойств ремонтных составов. Для повышения физико-механических характеристик строительных растворов широко используют механохимическую активацию портландцемента [4-7] или кварцевого песка [8, 9]. Механохимическую активацию цемента проводят в аппаратах вихревого слоя [4], различных вибромельницах [7] и методом высокоэнергетического шарового фрезерования [6]. Механохимическую активацию кварцевого песка осуществляют в центробежно-планетарных мельницах [8, 9]. Для улучшения свойств ремонтных составов и бетонов также применяют механическую или электро- и магнитнохимическую активацию воды затворения [10-12].

Перспективным методом повышения эксплуатационных характеристик строительных изделий и конструкций является плазменное оплавление поверхностного слоя строительных композитов, приводящее к повышению морозостойкости и водонепроницаемости, улучшению внешнего вида бетонных, керамических и силикатных изделий [13, 14].

Одновременно с ремонтом ЖБК проводят и их усиление. Недостатками традиционных методов усиления конструкций (металлические обоймы, хомуты и рубашки) являются повышение массы усиливаемых ЖБК, сложность размещения металлических конструкций в ограниченном пространстве сооружений и необходимость их защиты от коррозии. Эффективным методом усиления ЖБК является система внешнего армирования, основанная на нанесении на поверхность растянутой зоны ЖБК усиливающих элементов из высокопрочных эпоксидных композитов для восприятия дополнительных растягивающих усилий [15-20]. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) технологичны в применении, имеют высокий коэффициент конструктивного качества, стойки к агрессивному воздействию окружающей среды, способны повторять любые конфигурации поверхности усиливаемой конструкции. Выбор композиционного материала для усиления строительных конструкций осуществляют в соответствии с СП 164.1325800.2014.

Систему внешнего армирования применяют для устранения повреждений несущих ЖБК в результате ошибок проектирования, при выполнении работ по повышению несущей способности конструкций для увеличения надежности и долговечности ЖБК.

Целью настоящей работы являлось определение эффективности ремонтных составов на цементной основе и внешнего армирования на несущую способность железобетонных плит перекрытия, моделирующих плоские перекрытия коммуникационных коллекторов.

Материалы и методы исследования.

Для проведения экспериментальных исследований в заводских условиях на ДСК – 3 компании ПИК были изготовлены железобетонные плиты перекрытия размером

1000x500x50 мм. Плиты из бетона класса В15 армированы металлической сеткой с ячейками 100x100 мм, отвечающей требованиям ГОСТ 23279 – 2012. Арматурные стержни В500 сетки имели диаметр 4 мм. Для восстановления модельных плит перекрытия использовали ремонтные составы марок: «CarbonWrap Repair ST» (ТУ 23.64.10-053-38276489-2017) производства компании ООО «НЦК», «Структурит 100» компании Thoro, «Mapegrout Tixotropic» компании MAPEI и ремонтный состав, содержащий обработанные низкотемпературной неравновесной плазмой (НТП) кварцевый песок и воду затворения. Подготовку поверхности разрушенных плит перекрытия к восстановлению и расшивку трещин проводили с учетом рекомендаций производителей ремонтных составов. Модифицированные строительные растворы готовили из портландцемента ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2016), кварцевого песка II класса с $M_k = 0,63$ (ГОСТ 8736-2014) и его отдельной фракции размером менее 0,16 мм. С помощью анализатора NOVA 2200e методом капиллярной конденсации азота определяли величину суммарной поверхности и объем пор кварцевого песка. Площадь поверхности песка измеряли способом Single Point BET SA, а методом Баррета-Джойнера-Халенды рассчитывали распределение пор. Для затворения цементно - песчаных растворов применяли воду, соответствующую требованиям ГОСТ 23732-2011. Обработку НТП сырьевых компонентов ремонтных составов проводили в соответствии с рекомендациями работ [21, 22]. Технологические и физико-механические свойства ремонтных составов, используемых в работе, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические и физико-механические свойства используемых ремонтных составов

Показатели	Промышленные марки ремонтных составов			Ремонтный состав на основе обработанных НТП сырьевых компонентов
	«Структурит - 100»	«MapegroutTixotropic»	«Carbon Wrap Repair ST»	
Максимальный диаметр наполнителя, мм	1,5	2,5	2,5	2,0
Жизнеспособность ремонтной смеси, мин.	60	60	60	50
Подвижность растворной смеси, см	Пк2	Пк2	Пк2	Пк2
Разрушающее напряжение при сжатии/изгибе МПа, через 1 сутки 28 суток	25,0/5,0 65,0/>7	25,0/≥ 4,5 ≥60,0/>8,5	25,0/≥4,5 50,0/ ≥8,5	35,0/≥6 70,0/≥8,5
Адгезия к бетону после 28 суток твердения, МПа	> 1,5	≥ 2	≥1,5	> 2,0
Марка по водонепроницаемости	W10	-	≥W8	W10
Марка по морозостойкости, количество проведенных циклов замораживания/оттаивания	F300	F300	F200	F300

Для усиления железобетонных модельных плит перекрытия применяли углеродную ленту марки «CarbonWrap Tape 230/150» (ТУ 23.99.14-041-38276489-2017), производства компании ООО «НЦК». Углеродную ленту на поверхность восстановленных железобетонных плит перекрытия наклеивали при помощи двухкомпонентного тиксотропного эпоксидного состава «CarbonWrap Resin 230+» (ТУ 20.16.40-047-38276489-2017). Схема внешнего армирования модельных железобетонных плит перекрытия представлена на рисунке 1.

Прочности при сжатии цементно-песчаных растворов определяли с помощью гидравлического пресса Instron-3382 и разрывной машины WDW-100E в соответствии с ГОСТ 310.4-81, а сроки схватывания - по ГОСТ 310.3-76. Прочность, жесткость и трещиностойкость

модельных плит перекрытия изучали на установке Instron 1000 HDX с учетом требований ГОСТ 8829-94.

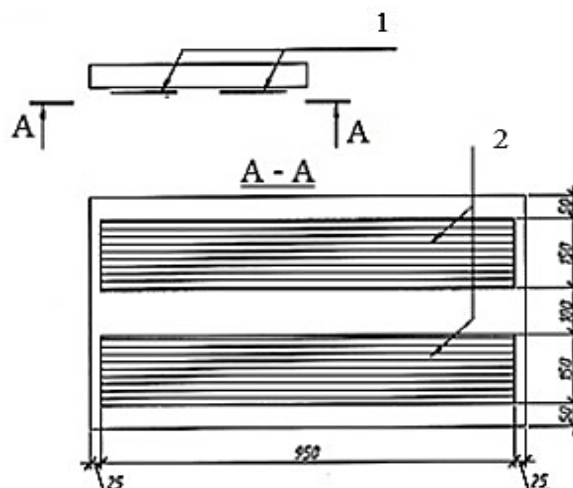


Рисунок 1 - Схема внешнего армирования модельных плит перекрытия с помощью углеродной ленты (1) «CarbonWrap Tape 230/150» (один слой)

Схема нагружения плит перекрытия приведена на рисунке 2. Для измерения ширины раскрытия трещин в модельных плитах перекрытия при воздействии нагрузок использовали микроскопы Бринелля МПБ-2, а их прогибы определяли с помощью электронного индикатора Micron. Испытания восстановленных плит перекрытия проводили через 7 суток твердения ремонтных составов при температуре 20...23 °С.

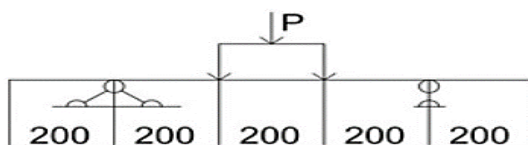


Рисунок 2 - Схема нагружения модельных железобетонных плит перекрытия

Поверочный расчет усиленных железобетонных плит перекрытия выполнен в программе «АРБАТ» программного комплекса SCAD согласно СП 63.13330.2012. Расчет проведен с учетом требований СП 20.13330.2016.

Результаты исследования.

Проведенное экспериментальное исследование свойств плазмомодифицированного кварцевого песка показали, что обработка НТНП снижает удельную поверхность зерен SiO_2 на 10,6-20,3 % и площадь поверхности пор на 8,4-14,1 %. В кварцевом песке прослеживается значительное изменение удельной поверхности пор радиусом 20-35 А [21, 22]. Значительное снижение площади поверхности пор и удельной поверхности зерен кварцевого песка наблюдается с ростом размера его частиц. Наблюдаемый эффект связан с оплавлением поверхности частиц SiO_2 при их взаимодействии со стримером. Анализ структуры песка с помощью Раман-спектрометра показал переход кристаллической структуры SiO_2 в аморфную [21]. Результаты исследований подтверждает и снижение на 10-18 % водопотребности кварцевого песка, обработанного НТНП. Рентгенофазовый анализ кварцевого песка после его обработки НТНП показал, что кратность плазменной обработки заполнителя не влияет на его фазовый состав и минералогический состав затвердевшего цементно-песчаного раствора. Изменение микроструктуры поверхности кварцевого песка при обработке НТНП приводит к повышению физико-механических свойств цементно-песчаных растворов: прочность при сжатии растворов при однократной обработке НТНП кварцевого песка повышается с 23,5 до 28,3 МПа. При двух и трехкратной обработке низкотемпературной плазмой SiO_2 прочность

строительных растворов через 28 суток нормального твердения увеличивается соответственно до 33 и 38 МПа.

При обработке воды затворения НТНП снижается концентрация в воде растворимых солей кальция и магния, ускоряется процесс твердения портландцемента и возрастает прочность цементно-песчаных растворов в первые пять суток их нормального твердения [21, 22]. При этом эффективность обработанной воды затворения возрастает с увеличением сроков ее хранения (рисунок 3). Так, например, при использовании однократно обработанной НТНП воды затворения через 28 суток нормального твердения разрушающее напряжение при сжатии ремонтных составов возрастает с 18 до 20 МПа). Применение воды затворения, прошедшей двух- и трехкратную обработку НТНП, повышает прочность при сжатии строительных растворов на 4,5-6 %.

Все установленные зависимости разрушающего напряжения при сжатии ($R_{сж}$) исследованных растворов от продолжительности и кратности обработки, сроков хранения воды затворения и кратности обработки НТНП кварцевого песка описываются уравнением:

$$R_{сж} = a \log(1 + bx),$$

где x – продолжительность нормального твердения строительных растворов; a и b – коэффициенты.

В качестве примера в таблице 2 приведены значения коэффициентов a и b для кривых, представленных на рисунке 3.

Таблица 2 – Значения коэффициентов a и b в уравнении 1

Продолжительность хранения воды затворения, обработанной НТНП	Значения коэффициентов	
	a	b
21	7,4	0,88
14	7,62	0,74
7	7,67	0,64
1	7,82	0,53
Неактивированная вода	7,38	0,45

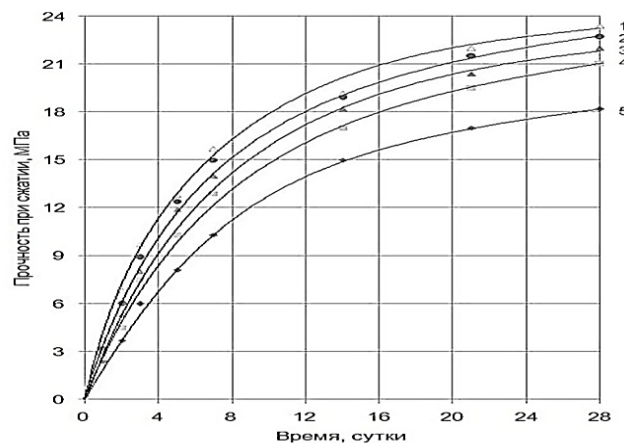


Рисунок 3 - Зависимость прочности при сжатии строительных растворов от сроков хранения воды затворения, обработанной НТНП: 1 – 28 сут; 2 – 14 сут; 3 – 7 сут; 4 – 1 сут; 5 – необработанная вода

Смесь исходной и обработанной НТНП воды затворения в соотношении 1:1 придает строительным растворам максимальную прочность. В тоже время прочность строительных растворов снижается с ростом содержания в наполнителе доли необработанного НТНП SiO_2 [21]. При этом наблюдается синергетический эффект повышения прочности строительных растворов при совместном применении однократно обработанного НТНП кварцевого песка и воды затворения. Это обусловлено, по нашему мнению, различным механизмом увеличения прочности ремонтных растворов, содержащих обработанные НТНП воду затворения и мелкий наполнитель.

Прочность, прогибы и ширина раскрытия трещин в исследованных плитах перекрытия зависят от расположения металлической арматуры (в растянутой или сжатой зоне). При расположении арматуры в сжатой зоне разрушение модельных плит перекрытия происходит при нагрузке 17,45 – 19,58 кН, а при ее расположении в растянутой зоне – при нагрузке 23,4 – 30,56 кН (таблица 3). Прогибы исходных и восстановленных плит перекрытия представлены на рисунке 4. При этом у плиты с арматурой, расположенной в сжатой зоне, раскрытие трещин шириной 0,45 – 0,5 мм происходит при нагрузке 14 кН.

Результаты испытания модельных плит перекрытия, восстановленных ремонтными составами на цементной основе (таблица 3), показали, что через 7 суток твердения исследованных составов несущая способность плит перекрытия восстанавливается на 72,1-96,6%. При этом разрушение восстановленных плит перекрытия происходит, как правило, по линии ранее образовавшихся трещин. Более высокая эффективность ремонтного состава, содержащего обработанные НТНП кварцевый песок и воду затворения, обусловлена высокой скоростью набора прочности указанного состава. Высокая эффективность ремонтного состава «CarbonWrap Repair ST» обусловлена предварительной пропиткой образовавшихся трещин в плитах перекрытия эпоксидным составом «CarbonWrap Resin 230+». Близкие значения несущей способности восстановленных железобетонных плит перекрытия (таблица 3) показывают, что производить подбор ремонтных составов для восстановления ЖБК следует проводить исходя из их технологических свойств и стоимости.

Таблица 3 - Разрушающие нагрузки для исходных, восстановленных и усиленных модельных железобетонных плит перекрытия

Ремонтный состав	Разрушающая нагрузка, кН			Расположение арматуры в плите перекрытия	Восстановление несущей способности плит, %
	исходные плиты	восстановленные плиты	усиленные плиты		
«Структурит-100»	$\frac{17,45}{17,87}$	$\frac{12,59}{-}$	$\frac{-}{56,98}$	В сжатой зоне	$\frac{72,1}{318,9}$
Состав на основе сырьевых компонентов, обработанных НТНП	28,04	27,06	-	В растянутой зоне	96,5
«Maregrout Tixotropic»	$\frac{19,58}{23,4}$	$\frac{17,90}{-}$	$\frac{-}{40}$	В сжатой зоне В растянутой зоне	$\frac{91,4}{170,9}$
«CarbonWrap Repair ST»	$\frac{28,46}{30,56}$	$\frac{27,37}{-}$	$\frac{-}{61,6}$	В растянутой зоне	$\frac{96,2}{201,6}$

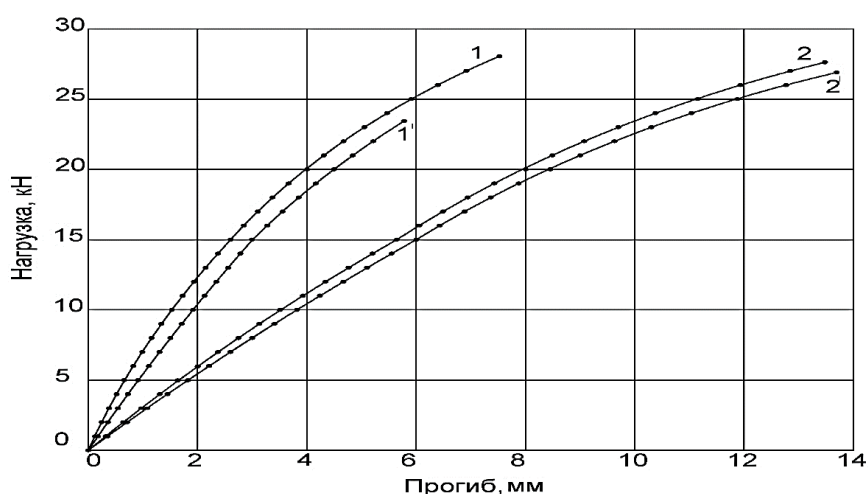


Рисунок 4 – Зависимость прогибов исходных (1, 2) и восстановленных (1', 2') плит перекрытия от величины приложенной нагрузки: 1' – плита, восстановленная ремонтным составом, содержащим сырьевые компоненты, обработанные НТНП; 2' – то же, составом «CarbonWrap Repair ST».

При внешнем армировании восстановленных модельных плит перекрытия углеродной лентой марки «CarbonWrap Tape 230/150» возрастает по сравнению с исходной плитой в 1,7-3,2 раза (таблица 3). Прогибы исходных, восстановленных и усиленных железобетонных плит перекрытия приведены на рисунке 5.

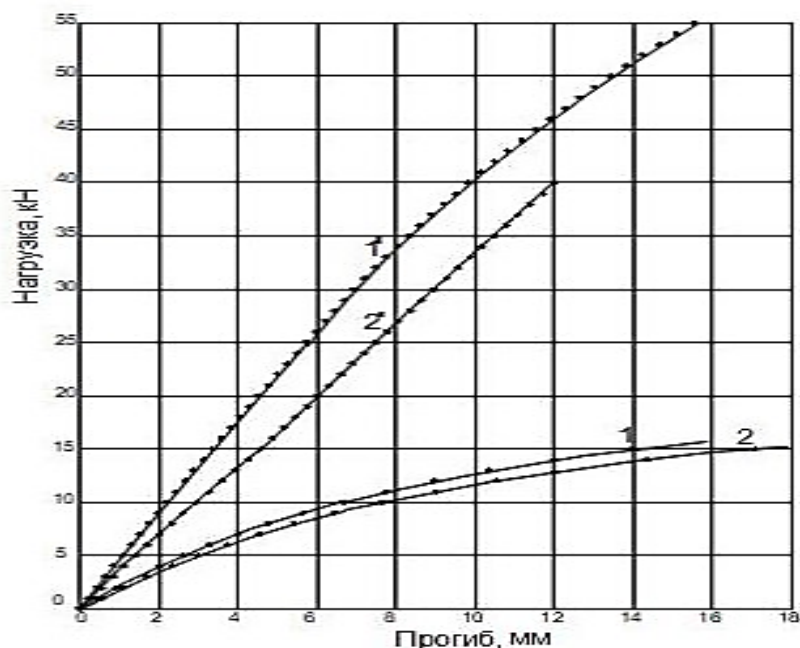


Рисунок 5 – Зависимость прогибов исходных (1, 2), восстановленных и усиленных (1', 2') железобетонных плит перекрытия от величины приложенной нагрузки: 1' – плита восстановлена ремонтным составом «Структурит 100» и усилена углеродной лентой; 2' – то же, ремонтным составом «Mapegrout Tixotropic» и усилена углеродной лентой.

Расчет исходной и усиленной ПКМ железобетонной плиты перекрытия показал высокую эффективность эпоксидных композитов, используемых для усиления конструкций [23].

Заклучение

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что эффективным направлением модификации сырьевых компонентов ремонтных составов является их обработка НТНП. Плазменная обработка кварцевого песка приводит к оплавлению его поверхности и снижению на 10-18 % его водопотребности. Результатом такой обработки является переход кристаллической структуры кварцевого песка в аморфную. Обработанная НТНП вода затворения увеличивает до 50% скорость набора прочности и до 30% разрушающее напряжение ремонтных составов в возрасте 28 суток. Предложенный метод модификации сырьевых компонентов ремонтных составов характеризуется высокой эффективностью и удобством в применении.

Ремонтные составы на цементной основе через 7 суток нормального твердения на 72,1 - 96,6% восстанавливают несущую способность железобетонных плит перекрытия. Низкая эффективность ремонтных составов обусловлена недостаточной их прочностью из-за малого срока твердения. При этом разрушение восстановленных плит перекрытий происходит по ремонтному составу.

Внешнее армирование железобетонных плит перекрытия ПКМ на основе углеродной ленты «CarbonWrap Tape 230/150» повышает их несущую способность более чем в 1,7 раза. Расчет исходной и усиленной модельной железобетонной плиты перекрытия показал высокую эффективность применения эпоксидных композитов для усиления строительных конструкций. Внешнее армирование железобетонных плит перекрытия эпоксидными ПКМ повышает их несущую способность и трещиностойкость более чем в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М., Батаев Д.К., Муртадаев А.Ю. Энерго- и ресурсосберегающие материалы и технологии для ремонта и восстановления зданий и сооружений. М.: Комтех-Принт, 2006. 235 с.
2. Титова Л.А. Перспективы снижения стоимости и сроков ремонтно-строительных работ // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №1. С. 55-56.
3. Шилин А.А. Ремонт железобетонных конструкций. М.: Горная книга, 2010. 519 с.
4. Ibragimov R.A., Korolev E.V., Deberdeev T.R., Leksin V.V. Structural parameters and properties of fine-grained concrete on Portland cement, activated with plasticizers in vortex layer apparatuses // Journal ZKG International. 2018. Volume 71. Issue 5. Pp. 28-35.
5. Demyanova L.P., Zaeva A.S., Buinovskiy A.S. Influence of activation of quartz grain surface on efficiency of the process of processing the quartz sand grains with fluoride technology // Journal Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2013. Volume 47. Issue 6. Pp. 766-771. DOI: 10.1134/S0040579513040209.
6. Mejdoub Roukaya, Hammi Halim, Khitouni Mohamed, Josep Sunol Joan, M'nif Adel. The effect of prolonged mechanical activation duration on the reactivity of Portland cement: Effect of particle size and crystallinity changes // Journal Construction and Building Materials. 2017. Volume 152. Pp. 1041-1050. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.008.
7. Sobolev Konstantin, Lin Zhibin, Cao Yizheng, Sun Hongfang, Flores-Vivian Ismael, Rushing Todd, Cummins Toney, Weiss William Jason. The influence of mechanical activation by vibro-milling on the early-age hydration and strength development of cement // Journal Cement and Concrete Composites. 2016. Volume 71. Pp. 53-62. DOI: 10.1016/j.cemconcom.2016.04.010.
8. Kosobudskii I.D., Gvozdev G.A., Fedorov F.S., Nikitina L.V., Zhimalov A.B., Bondareva L.N., Gorina I.N. Mechanochemical Activation of Sand in the Ago-2 Centrifugal-Planetary Mill // Journal Glass and Ceramics. 2015. Volume 72. Issue 5-6. Pp. 199-202. DOI: 10.1007/s10717 - 015 - 9755 - x.
9. Abdullah A., Alhozaimy A. Effect of various methods on the reactivity of ground dune sand as partial cement replacement // 2013 IEEE Business Engineering and Industrial Applications Colloquium, BEIAC 2013; Langkawi; Malaysia. Number of article 6560134. Pp. 290-295.
10. Fedosov S.V., Akulova M.V., Vzinovyeva E. Features of mechanical activation of the distilled water by different nozzles of the rotor agitator // Journal Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2016. Volume 2016. January. Issue 1. Pp. 153-157.
11. Gaevskaya S.A., Abzaev Yu.A., Safronov V.N., Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P., Ermilova T.A. Effect of mixing water magnetic activation cycle on cement stone structure // International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering. 2015. Volume 71. Number of article 012013. DOI: 10.1088/1757 - 899X/71/1/012013.
12. Баженов Ю.М., Федосов С.В., Ерофеев В.Т., Матниевский А.А. и др. Цементные композиты на основе магнитно- и электрохимически активированной воды затворения. Саранск: Изд.: Мордовского ун-та, 2011. 128с.
13. Науменко Н.Н., Федосов С.В., Акулова М.В., Шапочкина Ю.А., Подлозный Э.Д. Плазменное оплавление строительных композитов: монография. М.: АСВ, Иванова: ИГАСУ, 2009. 228с.
14. Федосов С.В., Шапочкина Ю. А., Акулова М.В., Науменко Н.Н., Анисимова Н.К. Современные методы отделки стеновых материалов. Иваново: ИГАСУ, 2012. 212с.
15. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Каргузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. М.: Стройиздат, 2007. 184 с.
16. Шевцов Д.А. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №8. С.61 – 65.
17. Третьякова А.Н., Балакирев А.А., Быков А.А., Калугин А.В. Определение несущей способности железобетонных изгибаемых элементов, усиленных композиционными материалами // Промышленное и гражданское строительство. 2011. №7. С. 18 – 21.
18. Есипов С.М. Анализ методик проектирования усиления железобетонных конструкций композитными материалами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 114 – 118.
19. Мональдо Э., Нерилли Ф., Вайро Г.Г. Волокнистые материалы на основе базальта и их конструктивное применение в гражданском строительстве // Журнал «Композитные конструкции». 2019. Вып. 214. С. 246 – 263.
20. Nihad Tareq Khshain Al-Saadi, Alyaa Mohammed, Riadh Al-Mahaidi, Jay Sanjayan. Обзор современного состояния: композитные материалы FRP для поверхностного монтажа для железобетонных конструкций // Журнал «Строительство и строительные материалы. 2019. Вып. 209. С. 748 – 769.
21. Калядин А.Ю., Налбандян Г.В., Соловьев В.Г., Богданова А.А., Ушков В.А. Плазменная модификация компонентов строительных растворов - эффективный метод повышения их эксплуатационных свойств // Вестник МГСУ. 2019. Том 14. Выпуск 5 (128). С. 548 - 558.

22. Nalbandyan G., Soloviev V., Ushkov V. Modification of components of fire-grained concretes by low-temperature nonequilibrium plasma // *Materials Today: Proceedings*, 2019. Vol. 19. P. 1841 – 1844.
23. Налбандян Г.В., Копытин А.В., Осипов П.В., Ушков В.А. Несущая способность восстановленных и усиленных железобетонных плит перекрытия // *Промышленное и гражданское строительство*. 2020. № 1. С. 21 – 27.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M., Bataev D.K., Murtadaev A.Yu. *Energy and Resource-Saving Materials and Technologies for Repair and Restoration of Buildings and Structures*, -M.: Komteh-Print, 2006. 235 p. (rus)
2. Titova L.A. Prospects for reducing the cost and terms of repair and construction works // *Industrial and Civil Engineering*. 2013. №1. WITH. P. 55-56. (rus)
3. Shilin A.A. *Repair of reinforced concrete structures*. M.: Mountain Book, 2010. 519 p. (rus)
4. Ibragimov R.A., Korolev E.V., Deberdeev T.R., Leksin V.V. Structural parameters and properties of fine-grained concrete on Portland cement, activated with plasticizers in vortex layer apparatuses // *Journal ZKG International*. 2018. Volume 71, issue 5, pages 28-35.
5. Demyanova L.P., Zaeva A.S., Buinovskiy A.S. Influence of activation of quartz grain surface on efficiency of the process of processing the quartz sand grains with fluoride technology // *Journal Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2013. Volume 47. Issue 6. Pp. 766-771. DOI: 10.1134/S0040579513040209.
6. Mejdoub Roukaya, Hammi Halim, Khitouni Mohamed, Josep Sunol Joan, M'nif Adel. The effect of prolonged mechanical activation duration on the reactivity of Portland cement: Effect of particle size and crystallinity changes // *Journal Construction and Building Materials*. 2017. Volume 152. Pp. 1041-1050. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.008.
7. Sobolev Konstantin, Lin Zhibin, Cao Yizheng, Sun Hongfang, Flores-Vivian Ismael, Rushing Todd, Cummins Toney, Weiss William Jason. The influence of mechanical activation by vibro-milling on the early-age hydration and strength development of cement // *Journal Cement and Concrete Composites*. 2016. Volume 71. Pp. 53-62. DOI: 10.1016/j.cemconcom.2016.04.010.
8. Kosobudskii I.D., Gvozdev G.A., Fedorov F.S., Nikitina L.V., Zhimalov A.B., Bondareva L.N., Gorina I.N. Mechanochemical Activation of Sand in the Ago-2 Centrifugal-Planetary Mill // *Journal Glass and Ceramics*. 2015. Volume 72. Issue 5-6. Pp. 199-202. DOI: 10.1007/s10717 – 015 – 9755 - x.
9. Abdullah A., Alhozaimy A. Effect of various methods on the reactivity of ground dune sand as partial cement replacement // 2013 IEEE Business Engineering and Industrial Applications Colloquium, BEIAC 2013; Langkawi; Malaysia. Number of article 6560134. Pp. 290-295.
10. Fedosov S.V., Akulova M.V., Vzinovyeva E. Features of mechanical activation of the distilled water by different nozzles of the rotor agitator // *Journal Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2016. Volume 2016. January. Issue 1. Pp. 153-157.
11. Gaevskaya S.A., Abzaev Yu.A., Safronov V.N., Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P., Ermilova T.A. Effect of mixing water magnetic activation cycle on cement stone structure // *International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering*. 2015. Volume 71. Humber of article 012013. DOI: 10.1088/1757 – 899X/71/1/012013.
12. Bazhenov Yu.M., Fedosov S.V., Erofeev V.T., Matnievskii A.A. et al. *Cement composites on the basis of the magnetic and electrochemical activated water*. Saransk: Publisher Mordovia University. 2011. 128 p. (rus)
13. Naumenko N.N., Fedosov S.V., Akulova M.V., Shchepochkina Yu.A., Podlozny E.D. *Plasma fusion of building composites*. M.: ASV, Ivanova: IGASU, 2009. 228p. (rus)
14. Fedosov S.V., Shchepochkina Yu.A., Akulova M.V., Naumenko N.N., Anisimova N.K. *Modern methods of finishing of wall construction materials*. Ivanovo: IGASU, 2012. 212p. (rus)
15. Shilin A.A., Pshenichny V.A., Kartuzov D.V. *External reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials*. M.: Stroyizdat, 2007. 184 p. (rus)
16. Shevtsov D.A. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials // *Industrial and Civil Engineering*. 2014. No. 8. P. 61 - 65. (rus)
17. Tretyakova A.N., Balakirev A.A., Bykov A.A., Kalugin A.V. Determination of the bearing capacity of reinforced concrete flexible elements reinforced with composite materials // *Industrial and Civil Engineering*. 2011. No 7. With. P. 18-21. (rus)
18. Esipov S.M. Analysis of design techniques for reinforcing reinforced concrete structures with composite materials // *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2015. No. 6. P. 114 - 118. (rus)
19. Monaldo E., Nerilli F., Vairo G. Basalt-based fiber-reinforced materials and structural applications in civil engineering // *Journal Composite Structures*. 2019. Vol. 214. P. 246 – 263. DOI: 10.1016/j.compstruct.2019.02.002.
20. Nihad Tareq Khshain Al-Saadi, Alyaa Mohammed, Riadh Al-Mahaidi, Jay Sanjayan, A state-of-the-art review: Near-surface mounted FRP composites for reinforced concrete structures // *Journal Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 209. P. 748 – 769. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.121.

21. Kalyadin A.Yu., Nalbandyan G.V., Soloviev V.G., Bogdanova A.A., Ushkov V.A. Plasma modification of construction mortar components, an efficient method of increasing their performance // Vestnik MGSU. 2019. Vol. 14. Issue 5 (128). P. 548-558. DOI: 10.22227 / 1997-0935.2019.5.548-558. (rus)
22. Nalbandyan G., Soloviev V., Ushkov V. Modification of components of fire-grained concretes by low-temperature nonequilibrium plasma // Materials Today: Proceedings. 2019. Vol. 19. P. 1841 – 1844.
23. Nalbandyan G.V., Kopytin A.V., Osipov P.V., Ushkov V.A. Bearing capacity of restored and reinforced concrete floor slabs // Industrial and Civil Engineering. 2020. No. 1. P. 21 - 27. (rus)

Информация об авторах:

Баженов Юрий Михайлович

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, доктор технических наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой технологии вяжущих веществ и бетонов.
E-mail: bazhenovum@gic.mgsu.ru

Налбандян Григор Виленович

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, аспирант кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов.
E-mail: grigor33@mail.ru

Ушков Валентин Анатольевич

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов, заведующий научно – исследовательской лабораторией современных композиционных материалов.
E-mail: va.ushkov@yandex.ru

Information about authors:

Bazhenov Yuri M.

Moscow State (National Research) University of Civil Engineering NRU MGSU, Moscow, Russia, doctor of engineering, professor, academician of the RAASN, head of the department of cementing and concrete technology.
E-mail: bazhenovum@gic.mgsu.ru

Nalbandyan Grigor V.

Moscow State (National Research) University of Civil Engineering NRU MGSU, Moscow, Russia, postgraduate, department of cementing and concrete technology.
E-mail: grigor33@mail.ru

Ushkov Valentin A.

Moscow State (National Research) University of Civil Engineering NRU MGSU, Moscow, Russia, candidate of technical sciences, associate professor, department of cementing and concrete technology, head of the research laboratory of modern composite materials.
E-mail: va.ushkov@yandex.ru