



ВЕСТНИК ГГТУ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

HERALD OF GSTOU

ENGINEERING SCIENCES

SCIENTIFIC & TECHNICAL JOURNAL

2019

Том XV

№ 1 (15)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

д. т. н., профессор Минцаев Магомед Шавалович

Зам. главного редактора – д. т. н., профессор
С-А. Ю. Муртазаев

Ответственный секретарь – к. т. н. М. Ш. Саламанова

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

д. т. н., профессор, член-корреспондент РАН
Б. А. Григорьев (ВНИИГаз)

д. т. н., профессор Ю. В. Дмитрак (СКГМИ)

д. ф-м. н., профессор И. А. Керимов (АН ЧР)

к. т. н., доцент М. Я. Пашаев (ГГНТУ)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Строительство. Архитектура

д. т. н., профессор А. Д. Абакаров

д. т. н., профессор Д. К-С. Батаев

д. т. н., доцент И. Г. Гайрабеков

д. т. н., профессор Х. Н. Мажиев

канд. архитектуры, доцент Ш. А. Насуханов

д. т. н., профессор Т. А. Хежев

Химическая технология

д. т. н., профессор Л. Ш. Махмудова

д. х. н. Х. М. Кадиев

д. т. н., профессор Х. Х. Ахмадова

д. т. н., профессор О. Н. Каратун

д. х. н., профессор Э. А. Александрова

к. т. н., доцент А. А. Эльмурзаев

Информатика, вычислительная техника и управление

д. п. н., профессор Э. Д. Алисултанова

д. т. н., доцент И. Н. Ажмухамедов

д. т. н., профессор К. Е. Румянцев

д. т. н., профессор М. А. Хажмуратов

к. т. н., доцент И. В. Хасамбиев

к. т. н. З. Л. Хакимов

EDITOR – IN-CHIEF

Magomed Mintsaeв, Doctor in Engineering

Associate Editor – Said-Alvi Murtazaev, Doctor in Engineering

Executive Secretary – Madina Salamanova, PhD in
Engineering

EDITORIAL COUNCIL

Boris Grigoryev, corresponding member of RAS,
Doctor in Engineering

Yuri Dmitrak, Doctor in Engineering

Ibragim Kerimov, Doctor in Physics and Mathematics

Magomed Pashaev, PhD in Engineering

EDITORIAL BOARD

Construction. Architecture

Abakar Abakarov, Doctor in Engineering

Dena Bataev, Doctor in Engineering

Ibragim Gayrabekov, Doctor in Engineering

Khasan Mazhiev, Doctor in Engineering

Shadid Nasukhanov, PhD in Architecture

Tolya Khezhev, Doctor in Engineering

Chemical Technology

Lyubov Makmudova, Doctor in Engineering

Khusain Kadiev, Doctor in Chemistry

Khava Akhmadova, Doctor in Engineering

Olga Karatun, Doctor in Engineering

Elvira Alexandrova, Doctor in Chemistry

Ayub Elmurzaev, PhD in Engineering

Computer Science, Computer Engineering and Management

Esmira Alisultanova, Doctor in Pedagogics

Iskandar Azhmukhamedov, Doctor in Engineering

Konstantin Rumyantsev, Doctor in Engineering

Manap Khazhmuradov, Doctor in Engineering

Ibragim Khasambiev, PhD in Engineering

Zaur Khakimov, PhD in Engineering

Грозненский государственный нефтяной технический университет

им. акад. М. Д. Миллионщикова

Журнал включен в РИНЦ

Адрес редакции/издателя:

364024, г. Грозный, пр. Х. А. Исаева, 100

Тел./факс: (8712) 29-59-32

<http://gstou.ru/science/ggntu-works.php>

e-mail: trudy-ggntu@mail.ru

© Грозненский государственный нефтяной технический университет

им. акад. М. Д. Миллионщикова, 2019

© Редакционная коллегия

СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово	5
Батаев Д. К-С., Узаева А.А., Муртазаева Т. С-А. Ремонтные модифицированные составы на основе расширяющейся добавки	7
Гайрабеков И.Г., Пимшин И.Ю., Мишиева А.Т., Шамсудинова К.С. Выявление крена сооружения электронными средствами геодезических измерений	15
Ибрагимова Э.И., Гайрабеков И.Г. Методы геодезического обеспечения кадастра городских земель спутниковыми и наземными технологиями	27
Исмаилова З.Х., Хамидов М.А., Мовсулов М.М. Эффективные цементные штукатурные растворы на основе вторичного заполнителя из техногенного сырья	36
Муртазаев С-А. Ю., Сайдумов М.С., Аласханов А.Х. Составы тяжелых бетонов на основе заполнителей из гравийно- песчаных смесей месторождений Чеченской Республики	45
Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш. Получение жидкостекольных силикатнатриевых щелочных растворов из кремнеземсодержащих добавок	58
Пыкин А.А., Лукутцова Н.П., Головин С.Н., Моськина И.В. Дисперсно-армированный бетон	68
Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С-А., Аласханов А.Х. Рецептуры наполненных вяжущих с мелкодисперсной фракцией продуктов дробления бетонного лома и кирпичного боя	77
Саламанова М.Ш., Алиев С.А., Муртазаева Р.С-А. Способы повторного использования цементной пыли	88
Хадисов В.Х., Абуханов А.З., Хаджиев М.Р. Использование вторичного сырьевого ресурса в производстве стеновых материалов	97
Хежев Т.А. Разработка огнезащитных гипсовермикулитобетонных композитов и расчетного метода определения огнестойкости двухслойных армоцементных элементов.....	105

CONTENTS

D.K-S. Bataev, A.A. Uzaeva, T. S-A. Murtazaeva Repair modified compositions based on expanding additive	7
I.G. Gayrabekov, Yu.I. Pimshin, A.T. Mishieva, K.S. Shamsudinova Determination of the development roll by electronic means of geodesic measurements.....	15
E.I. Ibragimova, I.G. Gayrabekov Methods of geodetic support cadastre of urban land satellite and terrestrial technologies.....	27
Z.Kh. Ismailova, M.A. Khamidov, M.M. Movsulov Effective cement plaster solutions based on secondary filler from technogen raw materials	36
S-A.Yu. Murtazaev, M.S. Saidumov, A.Kh. Alaskhanov Compositions of heavy concrete based on complete bases from grandy sand mixtures of the fields of the Chechen Republic	45
S-A.Yu. Murtazaev, M.Sh. Salamanova Preparation of liquid-glass silicate-sodium alkaline solutions from silicon-containing additives	58
A.A. Pykin, N.P. Lukutsova, S.N. Golovin, I.V. Moskina Disperse-reinforced concrete	68
M.S. Saidumov, T.S-A. Murtazaeva, A.Kh. Alaskhanov The recipes for filled insulating products of concrete scrap and bricked products crushing with a fine fracture	77
M.Sh. Salamanova, S.A. Aliev, R.S-A. Murtazaeva Methods of repeated use of cement dust	88
V.Kh. Khadisov, A.Z. Abukhanov, M.R. Khadzhiev Use of secondary raw resource in the production of wall materials	97
T.A. Khezhev Development of fire-protective plaster surfaces composites and design method for determining the fire resistance of two-layer armocement elements	105



ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ! КОЛЛЕГИ!

Перед вами первый номер
научно-технического журнала
«Вестник ГГНТУ. Технические науки»!

Этот пилотный выпуск – результат большой работы инициативной группы и коллектива авторов, поставивших цель возродить и продолжить лучшие традиции научной издательской деятельности Грозненского нефтяного института, чьим правопреемником сегодня является Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова!

Символично, что начало выпуска нового научного периодического издания нашим университетом совпало с приближающимся важным событием. В 2020 г. наш вуз готовится отметить знаменательный юбилей – 100 лет с момента основания!

За свою вековую историю Грозненский нефтяной подготовил не только десятки тысяч высококвалифицированных инженеров, но и стал крупнейшим центром научно-технической мысли нашей страны в сфере нефтегазодобычи и переработки, автоматизации промышленных процессов и строительстве. В послевоенный период в вузе сформировались собственные научные школы. Актуальные результаты научных поисков ученых вуза публиковались на страницах как отечественных, так и зарубежных специализированных и общенаучных журналов, впоследствии они находили широкое применение в промышленности и народном хозяйстве страны, легли в основу, как фундаментальных научных работ, так и классических учебников и учебных пособий для подготовки специалистов-нефтяников страны. Исследования ученых и педагогов вуза регулярно публиковались на страницах междисциплинарных научных сборников, издававшихся в Грозненском нефтяном институте. В начале 2000-х гг. после вынужденного перерыва, вызванного известными политическими и военными событиями в Чеченской Республике, возобновилась публикация научных работ ученых и педагогов в стенах нашего вуза. С этой целью с 2001 г. ежегодно стал выходить междисциплинарный «Сборник трудов ГГНИ им. акад. М. Д. Миллионщикова», а с 2011 г. как «Сборник трудов ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова».

Однако жизнь не стоит на месте. Современная, очень динамично меняющаяся информационная среда, новые вызовы, стоящие перед отечественной системой высшего технического образования требуют новых подходов к организации, содержанию, формам выпуска академических научных изданий. Понимание этих обстоятельств выявило необходимость перехода на новый формат вузовского периодического научного издания – двух научных журналов: научно-технический журнал «Вестник ГГНТУ. Технические науки» и научный журнал «Вестник ГГНТУ. Гуманитарные и социально-экономические науки», которые будут издаваться ежеквартально.

Мы ставим цель превращения наших журналов в современные научные периодические издания, что предполагает соблюдение следующих принципов:

- На страницах журналов должен быть представлен широкий спектр научных работ: от эмпирических до теоретико-методологических исследований.
- Журналы должны предоставлять широкие возможности для коммуникаций специалистов в самых актуальных областях науки и техники.

- Журналы должны обеспечить строгое соблюдение принципов плюрализма, строгого соблюдения этических принципов научной дискуссии, профессиональной ответственности.

- Публикации журналов призваны способствовать внедрению новых научных и прикладных разработок в реальное производство и социальную сферу, созданию конкурентноспособных технологий и продукции, выработке инновационных путей повышения качества нашей жизни.

- Доступность наших изданий как для авторитетных, опытных ученых и исследователей, так и для молодых авторов, только начинающих свою научно-исследовательскую деятельность

В основе научно-технического журнала «Вестник ГГНТУ. Технические науки» – обоснованная структура, включающая три основных актуальных раздела:

I. Информатика, вычислительная техника и управление.

В этом разделе будут публиковаться статьи по системному анализу, программному обеспечению вычислительной техники и автоматизированных систем; компьютерное моделирование; автоматизация и управление технологическими процессами и производствами; телекоммуникационные системы и компьютерные сети; информационная безопасность и защита информации; информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах. Также будут представлены научные публикации по математическому моделированию, численным методам и комплексам вычислительных программ.

II. Химическая технология.

Данный раздел журнала предполагает публикации статей по актуальным проблемам технологии органических веществ и химической технологии топлива и высокоэнергетических веществ, а также будут представлены материалы по процессам и аппаратам химических технологий.

III. Строительство и архитектура.

В этом разделе будут представлены статьи по строительным конструкциям, зданиям и сооружениям; строительным материалам и изделиям, а также по технологии и организации строительства. Особое место в данном разделе будут занимать статьи по архитектуре, градостроительству, ландшафтному дизайну и другим современным направлениям отрасли.

Наряду с обозначенными основными научными направлениями публикаций планируются дополнительные разделы:

1. Тематические обзоры, в т. ч. обзоры российских и зарубежных интернет ресурсов по отдельным актуальным направлениям науки и техники.

2. Краткие научные сообщения, в которых будут публиковаться работы студентов, магистрантов и аспирантов.

3. Конференции. Сообщения о прошедших и готовящихся конференциях. Публикация программ конференций и заметок от участников.

В планах редколлегии журнала издание спецвыпусков журналов по актуальным вопросам конкретным проблемам науки и техники, по материалам научно-технических конференций и пр.

Надеюсь, что наш журнал займет достойное место среди академических изданий самого высокого уровня, найдет не только свою целевую аудиторию, но и будет интересен широкому кругу читателей, интересующихся актуальными научными проблемами современной науки и техники.

С уважением и пожеланием творческих успехов,
ректор ГГНТУ имени акад. М. Д. Миллионщикова,
д. т. н. М. Ш. Минцаев

РЕМОНТНЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ДОБАВКИ

© Д. К-С. Батаев, А. А. Узаева, Т. С-А. Муртазаева
КНИИ им. Х. И. Ибрагимова РАН, г. Грозный, Россия
ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

В данной работе представлены результаты исследований, связанные с возможностью эффективного использования некондиционных барханных песков месторождения Шелковское в качестве минеральной добавки для получения тонкомолотых вяжущих и обогащения отсева дробления горных пород. Разработана расширяющаяся добавка, которая при комплексном использовании двухводного гипса с вибромеханохимически активированным вяжущим на барханном песке проявит эффект расширения и предотвратит в дальнейшем усадочные деформации. Полученная расширяющаяся добавка, в состав которой входит портландцемент, барханный песок, суперпластификатор С-3 и двухводный гипс позволяет получать ремонтные модифицированные составы с заданной деформацией. Это свойство важно учитывать при производстве ремонтных работ. Доказано, что исследованные барханные пески с характерным минералогическим, химическим и гранулометрическим составом являются эффективным компонентом.

Ключевые слова: усадочные деформации, расширяющийся эффект, барханные пески, минеральные добавки, ремонтный состав, модуль крупности, виброактивация, суперпластификатор.

Расширяющиеся цементы с характерным для них увеличением объема в раннем возрасте предотвращают в дальнейшем негативные усадочные деформации и позволят создавать такие ремонтные модифицированные составы, которые с успехом можно будет применять для заделки раковин, сколов, выбоин, дефектов, трещин, тем самым восстанавливать бетонные и железобетонные изделия и конструкции [1-4, 6].

Цементы и добавки с расширяющимся эффектом твердеют в воде и на воздухе, обеспечивая увеличение и уплотнение объема, а по окончании расширения цементный камень приобретает самоупрочнение, и именно это свойство особенно важно при производстве ремонтных работ. К тому же необходимо заметить, что предпочтение отдается разработанным расширяющимся вяжущим добавкам, а не цементам заводского приготовления, и это связано с рядом положительных моментов, во-первых, обеспечивается определенное качество и стабильность свойств ремонтного модифицированного состава из мелкозерни-

стого бетона, во-вторых, возможность корректировки состава композиции в зависимости от условий эксплуатации конструкции, использование непосредственно во время производства ремонтного состава [5, 7-14].

В работе исследовались усадочные деформации предлагаемых ремонтных составов, модифицированных комплексным использованием двухводного гипса, виброактивированных вяжущих на барханных песках и современных эффективных полимерных компонентов, в результате твердения такой системы проявляется эффект расширения, ликвидирующий различного рода дефекты бетонных и железобетонных конструкций, подвергаемых ремонту.

Для получения тонкомолотого активированного вяжущего использовались местные сырьевые материалы, портландцемент Чир-Юртовского цементного завода марки 500 бездобавочный, барханные пески Шелковского месторождения. Активация производилась совместным помолом в вибрационной шаровой мельнице ВМ-20 в течение 10 минут. Рецептуры тонкомолотых вяжущих показаны в

Таблица 1 – Рецептуры тонкомолотых вяжущих

№ состава	Способ активации	Условное обозначение	Содержание компонентов тонкомолотого вяжущего, %		
			ПЦ	Барханный песок	С-3
1	Совместная виброактивация ВМ-20	ПЦ	100	-	-
2		ТМВ-85	84	15	1,0
3		ТМВ-75	74	25	1,0
4		ТМВ-65	64	35	1,0

Таблица 2 – Химический состав барханных песков, %

MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	SO ₃	ппп
2,41	7,81	59,54	1,44	17,52	2,6	1,35	0,21	7,12

Таблица 3 – Основные физико-механические характеристики барханных песков

Размер сит, мм	1,25	0,63	0,315	0,14	Остаток на дне сит
Частные остатки, %	3,5	2,7	3,1	31,7	59
Полные остатки, %	3,5	6,2	9,3	41,0	
Модуль крупности	0,6				
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	5,4				
Истинная плотность зерен, кг/м ³	2650				
Средняя насыпная плотность, кг/м ³	1390				
Пустотность песка, %	48				
Водопоглощаемость, %	12				

таблице 1. Особенностью предлагаемого вяжущего являются барханные пески, поэтому основной задачей работы было исследование барханных песков.

Гранулометрический состав барханных песков характеризуется преобладанием частиц размером менее 0,1 мм, модуль крупности их меньше единицы, что позволяет относить данные пески к разряду тонких песков.

Визуальный анализ с помощью бинокулярного микроскопа установил, что данные пески светлого, а местами серовато-желтоватого цвета. Преимущественно они представлены зернами белого, прозрачного и замутненного кварца. Изучение частиц барханного

песка методом сканирующей электронной микроскопии (рисунок 1) показало наличие зерен неправильной формы с овальными, сглаженными контурами, в небольшом количестве присутствуют остроугольные обломки.

Изучались химический состав, основные физико-механические свойства и минералогический состав барханных песков, в таблицах 2-4 приводятся результаты исследований.

Исследованные барханные пески природного происхождения использовались для получения активированных тонкомолотых вяжущих в производстве ремонтных составов с улучшенными эксплуатационными показателями [3, 4, 6].

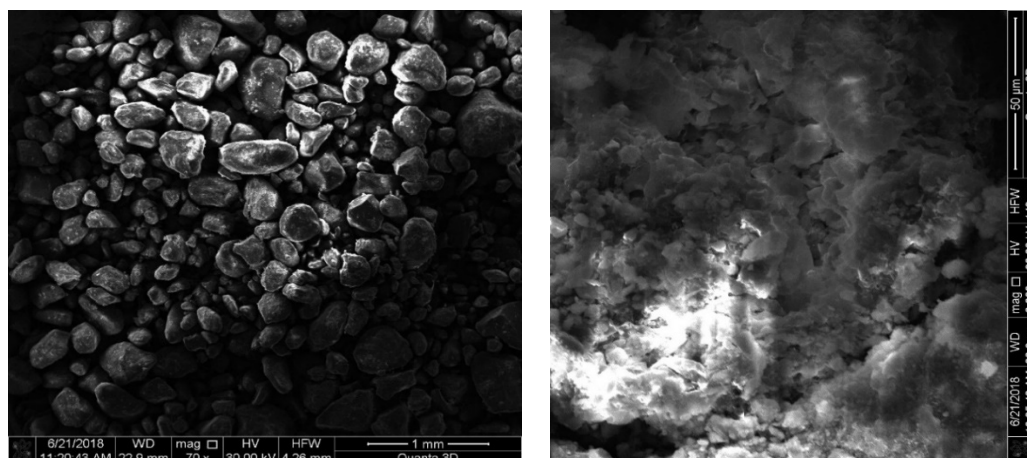


Рис. 1. Микрофотография зерен барханного песка

Также для получения ремонтных модифицированных составов из мелкозернистых бетонов на основе барханных песков использовались водорастворимые карбоксилатные и акрилатные полимеры, применение которых позволит существенно изменить в лучшем направлении такие важные для ремонтных составов технологические показатели, как подвижность и водопотребность, удобоукладываемость и водоотделение, расслаиваемость и сохраняемость, адгезия со старым основанием, набор прочности и другие [5, 12, 14]. Были использованы современные эффективные суперпластификаторы Sika VISCOCRETE 5 NEW и «Хидетал-ГП-9» бета «β» на основе карбоксилатных эфиров и акриловая дисперсия АКРЭМОС 101.

Деформативные изменения ремонтного модифицированного состава из мелкозерни-

стого бетона определялись на образцах-призмах размерами 40x40x160 мм. Было исследовано 9 составов модифицированных мелкозернистых бетонов на барханных песках. Изготовленные образцы-призмы в течение суток выдерживались в климатической камере при температуре +20°C и относительной влажности 95%. Далее образцы распалубливались и 7 суток твердели на воздухе, накрытые влажной тканью при температуре +20°C, следующие 3 суток образцы погружались в сосуд с водой, где и хранились до испытания. На приборе УБ-40 определялись усадочные и линейного расширения деформации образцов-призм с поперечным сечением размерами 40x40 мм по ГОСТ 24544-81.

Для определения прочностных показателей исследуемых ремонтных модифициро-

Таблица 4 – Минералогический состав барханных песков

Наименование минералов	Содержание удельных фракций, %						% основной массы песка
	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	Менее 0,005	
Кварц	60	52,7	45,7	45,7	40	31,3	48,0
Полевой шпат	5	12,6	11,7	11,9	10	30,6	10,5
Карбонаты	-	0,72	11,1	41,8	40	2,7	13,0
Слюда	-	-	-	6,08	10	37,4	2,5
Остальные	35	34,0	31,3	4,1	-	-	6

Таблица 5 – Рецептуры ремонтных модифицированных составов на барханных песках

№ состава	Расход материалов бетона, кг/м ³										В/Ц
	Ц	ТМВ-75	АКРЭМОС 101	ГКЖ-11	ФЗ	МН	Хидетал	Sika Viscocrete	Двуводный гипс	В	
1	430	-	-	-	1510	100	6	-	-	189	0,44
2	430	-	-	-	1510	100	-	6	-	180	0,42
3	420	-	-	-	1520	90	-	6	15	200	0,48
4	420	-	77	7	1520	90	-	-	-	117	0,28
5	-	530	-	-	1510	-	-	5	-	164	0,31
6	-	530	-	-	1510	-	5	-	-	175	0,33
7	-	520	-	-	1520	-	-	5	15	182	0,35
8	-	520	94	9	1520	-	-	-	-	130	0,25
9	540	-	-	-	1400	-	-	-	-	292	0,54

Примечание: ТМВ-75 – тонкомолотое вяжущее, совместная виброактивация в течение 10 минут (ПЦ 74% + барханный песок 25% + С-3-1%) $S_{уд} = 480 \text{ м}^2/\text{кг}$; ФЗ – фракционированный заполнитель, полученный обогащением отсеков дробления (60%) барханными песками (40%); МН – микрозаполнитель, виброактивированный в течение 10 минут барханный песок $S_{уд} = 410 \text{ м}^2/\text{кг}$; АКРЭМОС 101 акриловая дисперсия, расход 18% от массы цемента; ГКЖ-11 метилсиликат натрия, расход 10% от массы акриловой дисперсии; состав № 8 – контрольный образец на кварцевом песке Червленского месторождения.

ванных составов из мелкозернистого бетона были изготовлены образцы кубы размером 3 см, которые твердели в климатической камере в течение 10 суток при температуре +20°C и относительной влажности 95%. Рецептуры ремонтных составов и результаты исследований приведены в таблицах 5, 6 и на рисунке 2.

Результаты исследований показали, что в ремонтных модифицированных составах из мелкозернистого бетона с использованием добавки двуводного гипса в количестве 3% от массы цемента четко отмечается расширяющий эффект, в составе №3 с комплексным использованием цемента, тонкодисперсного порошка из барханного песка и двуводного гипса деформации расширения составили на 10 сутки 0,012 мм/м. В составе №7 на основе тонкомолотого вяжущего и двуводного гипса расширяющий эффект выше 0,025 мм/м, объяснением этому явлению служит образование в первые сутки твердения волокон гидросульфаталюминатов и гидрокарбосульфаталюмина-

тов кальция, способствующих быстрому процессу структурообразования и увеличению в объеме цементной матрицы.

Ремонтные составы с использованием ТМВ-75 и микрозаполнителя из барханных песков с карбоксилатными добавками SikaViscocrete и Хидетал показали значения усадочных деформаций на 62% меньше в сравнении с контрольными образцами на кварцевом песке. Усадочные деформации обусловлены уменьшением объема бетона из-за испарения из него воды.

Ремонтные составы с применением акриловой дисперсии АКРЭМОС 101 и ГКЖ-11 показали усадочные деформации, эффект расширения в данном случае не присутствует. Объяснить этот факт можно наличием полимера в данных ремонтных составах, в процессе срастания глобул образуется пленка, которая сжимается и стягивает скелет цементного камня, тем самым сокращая объем композита, повышаются усадочные деформации. В 10 су-

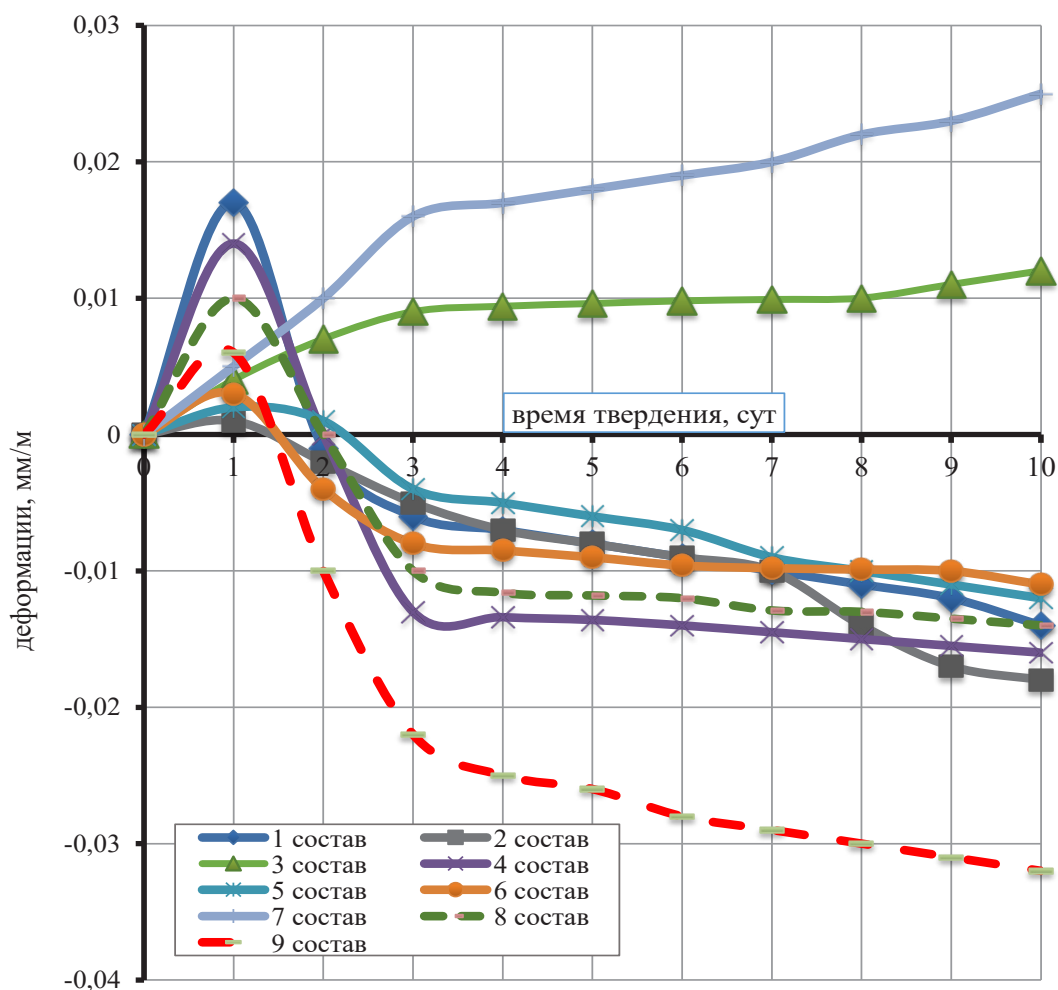


Рис. 2. – Динамика развития деформаций в ремонтных модифицированных составах из мелкозернистого бетона

Таблица 6 – Результаты определения усадочных деформаций ремонтных модифицированных составов на барханных песках

№ состава	Средняя плотность, кг/м ³	Деформации образцов, мм/м в возрасте сут.			Прочность на сжатие 10сут, МПа
		1	3	10	
1	2215	0,017	-0,006	-0,014	50,4
2	2225	0,001	-0,005	-0,018	54,5
3	2230	0,004	0,009	0,012	52,8
4	2230	0,014	-0,013	-0,016	55,7
5	2214	0,002	-0,004	-0,012	65,3
6	2212	0,003	-0,008	-0,011	63,1
7	2216	0,005	0,016	0,025	68,6
8	2265	0,010	-0,01	-0,014	70,1
9	2200	0,006	-0,022	-0,032	47,0

ток твердения усадочные деформации присутствуют, далее этот процесс замедляется. Но в любом случае усадка образцов ремонтных составов с АКРЭМОС 101 меньше контрольных образцов на 56%.

Полученная расширяющаяся добавка, в состав которой входит портландцемент, барханный песок 25%, суперпластификатор С-3 1% и двуводный гипс 3%, позволяет получать ремонтные модифицированные составы с заданной деформацией, это свойство важно учитывать при производстве ремонтных работ.

Таким образом, установлено, что использование добавки двуводного гипса в ремонт-

ных составах в комплексе с тонкомолотым вяжущим на основе барханных песков и карбоксилатами проявляет расширяющий эффект, что является важным показателем при производстве ремонтных работ.

Поэтому разработка эффективных рецептур вяжущего с использованием барханных песков, как местного природного ресурса, для последующего получения модифицированных ремонтных составов с улучшенными характеристиками способствует повышению качества работ по ремонту и восстановлению несущей способности конструктивных элементов зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю.М. Баженов, Д. К-С. Батаев, С-А.Ю. Муртазаев и др. Грозный: ИП «Султанбегова Х.С.», 2011. 342 с.
2. Лесовик В.С., Муртазаев С-А. Ю., Сайдумов М.С. Строительные композиты на основе отсевов дробления бетонного лома и горных пород // Грозный: МУП «Типография», 2012. 192 с.
3. Узаева А.А., Батаев Д. К-С. Технология и основные виды материалов, применяемые при промышленных методах отделки // Успехи современной науки и образования», 2016. Т. 3. № 6. С. 137-141.
4. Узаева А.А. Ремонтные составы на основе полимерных вяжущих // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции». 2016. № 4. С. 134-139.
5. Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г. Высококачественные модифицированные бетоны с использованием вяжущего на основе реакционно-активного минерального компонента // Строительные материалы. 2016. № 8. С. 74-80.
6. Узаева А.А. Опыт использования барханных песков в строительстве // Сборник научных трудов Международной научной конференции «Тенденции и перспективы развития современного научного знания» 8-9 октября 2015. С. 54-57.
7. Javaherdashti R. "Microbiologically Influenced Corrosion an Engineering," Insight – Springer-Verlag. UK, 2008. 164 p.
8. Kozhukhova N.I., Zhernovsky I.V., Ocachaya M.S. Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolimer binders // International Journal of Applied Engineering Research. 2014. Т. 9. № 22. Pp. 16945-16955.
9. Kozhukhova N.I., Zhernovsky I.V., Strokovva V.V. "Evaluational of geopolimer binders biopositivity based on low-calcium fly ash // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 15. Pp. 35618-35620.
10. Galkin Yu. Yu., Udodov S.A., Vasileva L. V. The phase composition and properties of aluminate cements after early loading // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 7 (75). С. 114-122.
11. Koryanova Y.I. Structure and properties of concrete for injection with two-stage expansion // Solid State Phenomena. 2017. Т. 265 SSP. С. 103-108.
12. Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М.Ш., Омаров А. О. Использование вторичных сырьевых ресурсов в производстве высокопрочных бетонов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018. № 1 (Т. 45). С. 204-213.
13. Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М.Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 1 (23). С. 23-28.

14. Высококачественные модифицированные бетоны на основе минеральных добавок и суперпластификаторов различной природы / М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, Т. С-А. Муртазаева, М. С-М. Хубаев // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции». 2015. №8. С. 159-163.

REPAIR MODIFIED COMPOSITIONS BASED ON EXPANDING ADDITIVE

© D. K-S. Bataev, A. A. Uzaeva, T. S-A. Murtazaeva

Complex research institute named after Kh. I. Ibragimov RAS, Grozny, Russia

GSOTU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

This paper presents the results of studies related to the possibility of efficient use of substandard sand dunes of the Shelkovskoye deposit as a mineral additive for producing finely ground binders and enriching screening of crushing rocks. An expanding additive has been developed which, when used in combination with two-water gypsum with a vibro-mechanochemically activated binder on sand dune, will exhibit an expansion effect and prevent further shrinkage deformations. The resulting expanding additive, which includes Portland cement, sand dune, C-3 superplasticizer and two-water gypsum, makes it possible to obtain repair modified compounds with a given deformation, it is important to take this property into account when performing repair work. It is proved that the studied sand dunes with a characteristic mineralogical, chemical, and particle size distribution are an effective component

Keywords: shrinkage deformations, expansion effect, sand dunes, mineral additives, repair composition, particle size modulus, vibration activation, superplasticizer

REFERENCES

1. Bazhenov, Yu. M., Bataev, D. K-S. and Murtazaev S-A. Yu. (2011) Melkozernistye betony iz vtorichnogo syr'ya dlya remonta i vosstanovleniya povrezhdennykh zdaniy i sooruzhenii [Fine-grained concrete from recycled materials for the repair and restoration of damaged buildings and structures]. IP «SultanbegovaKh. S.». Grozny. Pp. 342.
2. Lesovik, B. C., Murtazaev, S-A. Yu. and Saidumov, M. S. (2012) Stroitel'nye kompozity na osnove otsevv drobleniya betonogo loma i gornyx porod. [Building composites based on screenings for crushing concrete scrap and rocks]. MUP «Tipografiya». Grozny. Pp. 192.
3. Uzaeva, A. A. and Bataev, D. K-S. (2016) 'Tekhnologiya i osnovnye vidy materialov, primenyaemye pri industrial'nykh metodakh otdelki' / Nauchnyi zhurnal «Uspekhi sovremennoi nauki i obrazovaniya». [Technology and main types of materials used in industrial finishing methods / *Scientific journal "Successes in modern science and education."*]. V. 3. №6. Pp. 137-141.
4. Uzaeva, A. A. (2016) 'Remontnye sostavy na osnove polimernykh vyazhushchikh' / Nauchno-analiticheskii zhurnal «Innovatsii i investitsii». [Repair compositions based on polymer binders / *Scientific and analytical journal "Innovations and Investments"*]. №4. Pp. 134-139.
5. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Shand and Bisultanov, R. G. (2016) 'Vysokokachestvennye modifitsirovannye betony s ispol'zovaniem vyazhushchego na osnove reaktivno-aktivnogo mineral'nogo komponenta' // Stroitel'nye materialy. [High-quality modified concrete using a binder based on a reactive mineral component / *Building Materials*]. №8. Pp. 74-80.

6. Uzaeva, A. A. (2015) 'Opyt ispol'zovaniya bakhannykh peskov v stroitel'stve' / *Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Tendentsii i perspektivy razvitiya sovremennogo nauchnogo znaniya» 8-9 oktyabrya 2015*. [The experience of using sand dunes in construction / Proceedings of scientific papers of the international scientific conference "Trends and Prospects for the Development of Modern Scientific Knowledge" October 8-9, 2015]. Pp. 54-57.
7. Javaherdashti, R. (2008) "Microbiologically Influenced Corrosion an Engineering," Insight Springer-Verlag. UK. 164 p.
8. Kozhukhova, N. I., Zhernovsky, I. V. and Ocadchaya, M. S. (2014) 'Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolimer binders' / *International Journal of Applied Engineering Research*. V. 9. №22. Pp. 16945-16955.
9. Kozhukhova, N. I., Zhernovsky, I. V. and Strokova, V. V. (2015) 'Evaluational of geopolimer binders biopositivity based on low-calcium fly ash' / *International Journal of Applied Engineering Research*. V. 10. №15. Pp. 35618-35620.
10. Galkin, Yu. Yu., Udodov, S. A. and Vasileva, L. V. 'The phase composition and properties of aluminate cements after early loading' / *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. №7 (75). Pp. 114-122.
11. Koryanova, Y.I. (2017) Structure and properties of concrete for injection with two-stage expansion. *Solid State Phenomena*. V. 265 SSP. Pp. 103 108.
12. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and A. O. Omarov. (2018) 'Ispol'zovanie vtorichnykh syr'evykh resursov v proizvodstve vysokoprochnykh betonov' // *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskije nauki*. №1 (T. 45). [The use of secondary raw materials in the production of high-strength concrete / *Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science.*]. V. 45. No. 1. Pp. 204-213.
13. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' // *Zhurnal «Ustoichivoe razvitie gornykh territorii»*. [High-strength concretes using fractionated aggregates from waste from rock processing // *Journal "Sustainable development of mountain territories"*]. №1 (23). Pp. 23-28.
14. Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S., Murtazaeva, T. S-A. and Khubaev, M. (2015). 'Vysokokachestvennye modifitsirovannye betony na osnove mineral'nykh dobavok i superplastifikatorov razlichnoi prirody' // *Nauchno-analiticheskii zhurnal «Innovatsii i investitsii»* [High-quality modified concrete based on mineral additives and superplasticizers of various nature // *Scientific and analytical journal "Innovations and Investments"*]. №8. Pp. 159-163.

ВЫЯВЛЕНИЕ КРЕНА СООРУЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ СРЕДСТВАМИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

© И. Г. Гайрабеков, И. Ю. Пимшин, А. Т. Мишиева, К. С. Шамсудинова
ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия
Донской государственный технический университет, г. Ростов на Дону, Россия

В статье изложены методика и результаты геодезических работ, выполненных с использованием современных электронных средств измерений для выявления сверхнормативных кренов 30 и 32-метровых металлических дымовых труб. Определялись величины кренов по отдельным осям и абсолютная величина крена. Камеральная обработка результатов геодезических измерений была выполнена в программе *Credo_Dat*. Анализ и оформление геометрических параметров объектов выполнены в программном продукте *ZWCAD*. С точек планового обоснования была выполнена съемка характерных строительных элементов трубы. Контроль геометрических параметров сооружения выполнен координатным методом. Установлено, что полный крен 30-метрового металлического сооружения после исправления не превышает предельно допустимую величину. Сделан вывод о пригодности сооружения к дальнейшей эксплуатации.

Установлено, что полный крен 32-метрового металлического сооружения превышает предельно допустимую величину. Сделан вывод о необходимости проведения повторных геодезических измерений с целью выявления динамики развития кренов. Результаты измерений могут быть использованы для выполнения мероприятий по восстановлению эксплуатационной надежности наблюдаемого объекта.

Ключевые слова: станция стояния прибора, средства измерений, камеральная обработка, система координат, крен трубы.

В результате негативного влияния природных и техногенных факторов происходит изменение пространственного положения и формы зданий и сооружений – деформации зданий и сооружений. Деформации подразделяются на следующие основные виды: осадки, прогиб, выгиб, крен, кручение, скручивание, горизонтальные и вертикальные перемещения. Деформации башенных сооружений, к которым относятся и дымовые трубы, характеризуются, прежде всего, величинами частных, относительных и абсолютных кренов. Рассмотрим методику и результаты выполненных нами исследований по определению геометрии инженерных сооружений – дымовых труб высотой 30 и 32 метров.

Геодезические работы по выявлению сверхнормативного крена 30-метровой металлической дымовой трубы, принадлежащей САЛЬСКСЕЛЬМАШ и расположенной по

адресу: Ростовская область, Сальский район, пос. Гигант, ул. Заводская, 6, выполнялись с использованием современных электронных средств измерений в соответствии с нормативными требованиями [1-11]:

- электронный тахеометр *GTS-102N* зав. № 6G0051;
- лазерный дальномер *MetroCondrol 100* зав. № 00499;
- штангенциркуль *ШЦК (0-300)* мм № GK1127536;
- металлическая измерительная линейка 1000 мм № 21051.

Данные инструменты имели свидетельства о поверке или сертификаты о калибровке.

Камеральная обработка результатов геодезических измерений была выполнена в программе *Credo_Dat*. Анализ и оформление геометрических параметров объектов выполнен в программном продукте *ZWCAD*.

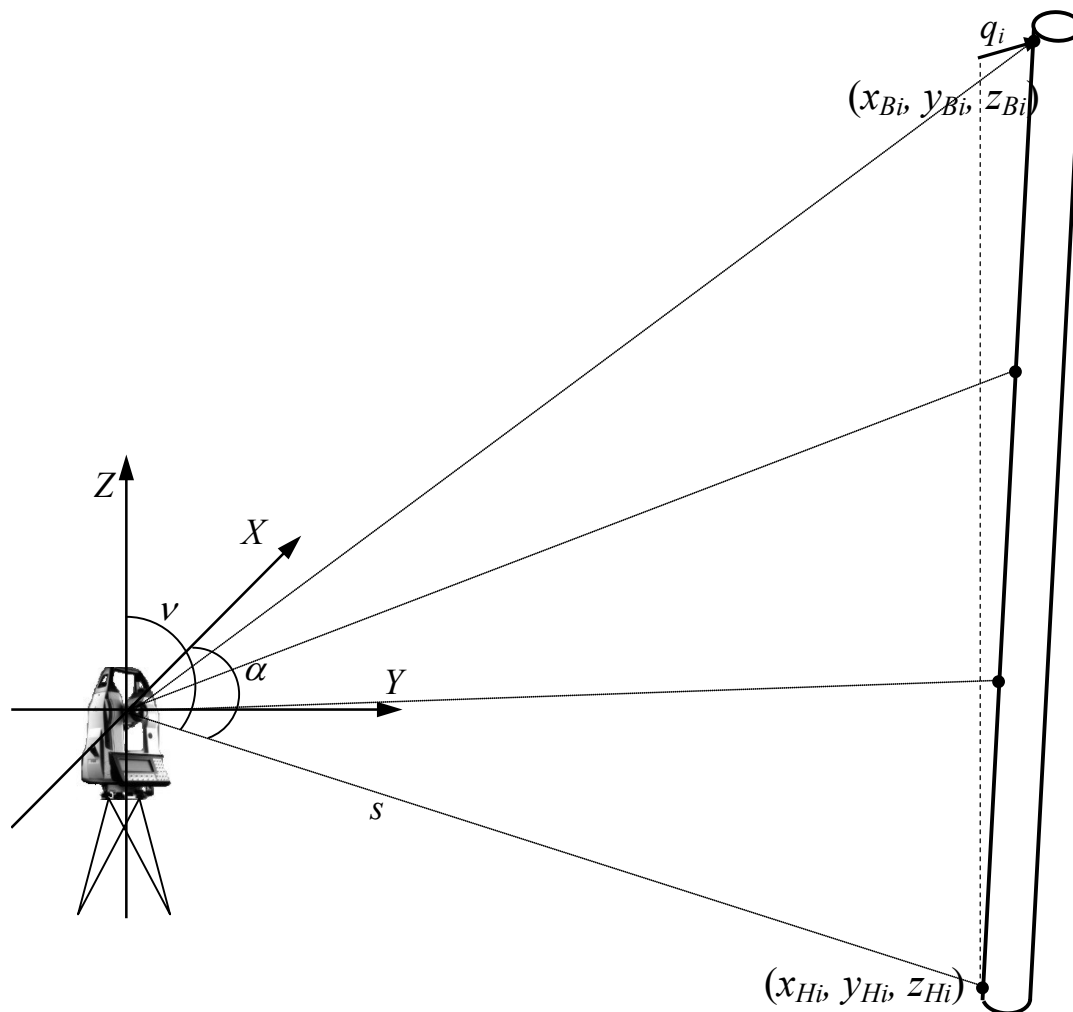


Рис. 1. Схема контроля электронным тахеометром геометрических параметров металлической дымовой трубы

Контроль геометрических параметров трубы выполнен координатным методом:

1. Осуществили выбор пространственной системы координат, в которой определяются геометрические характеристики исследуемого объекта.

2. Определили положение дискретно распределенных точек, имеющих наибольшую информативность для описания геометрических параметров объекта.

3. Координировали положение выбранных точек.

4. Анализировали полученную совокупность координат точек и определили геометрические характеристики исследуемого объекта.

С точек планового обоснования была выполнена съемка характерных строительных элементов трубы.

Координирование положения исследуемых точек выполняли по следующей методике. Прибор на штативе устанавливался от контролируемого объекта на расстоянии примерно равном его высоте. Система координат электронного тахеометра ориентировалась параллельно контролируемой плоскости трубы. Затем, в данной системе координат прибором производилось координирование исследуемых точек, расположенных в характерных местах объекта. Результаты измерений автоматически записывались электронным тахеометром в выбранный файл регистратора-накопителя прибора. Данный файл после выполнения всего комплекса измерений транслировался в ЭВМ. После чего он импортировался в программу *Credo_Dat*, предназначенную для камеральной обработки полевых инженерно-геодезических

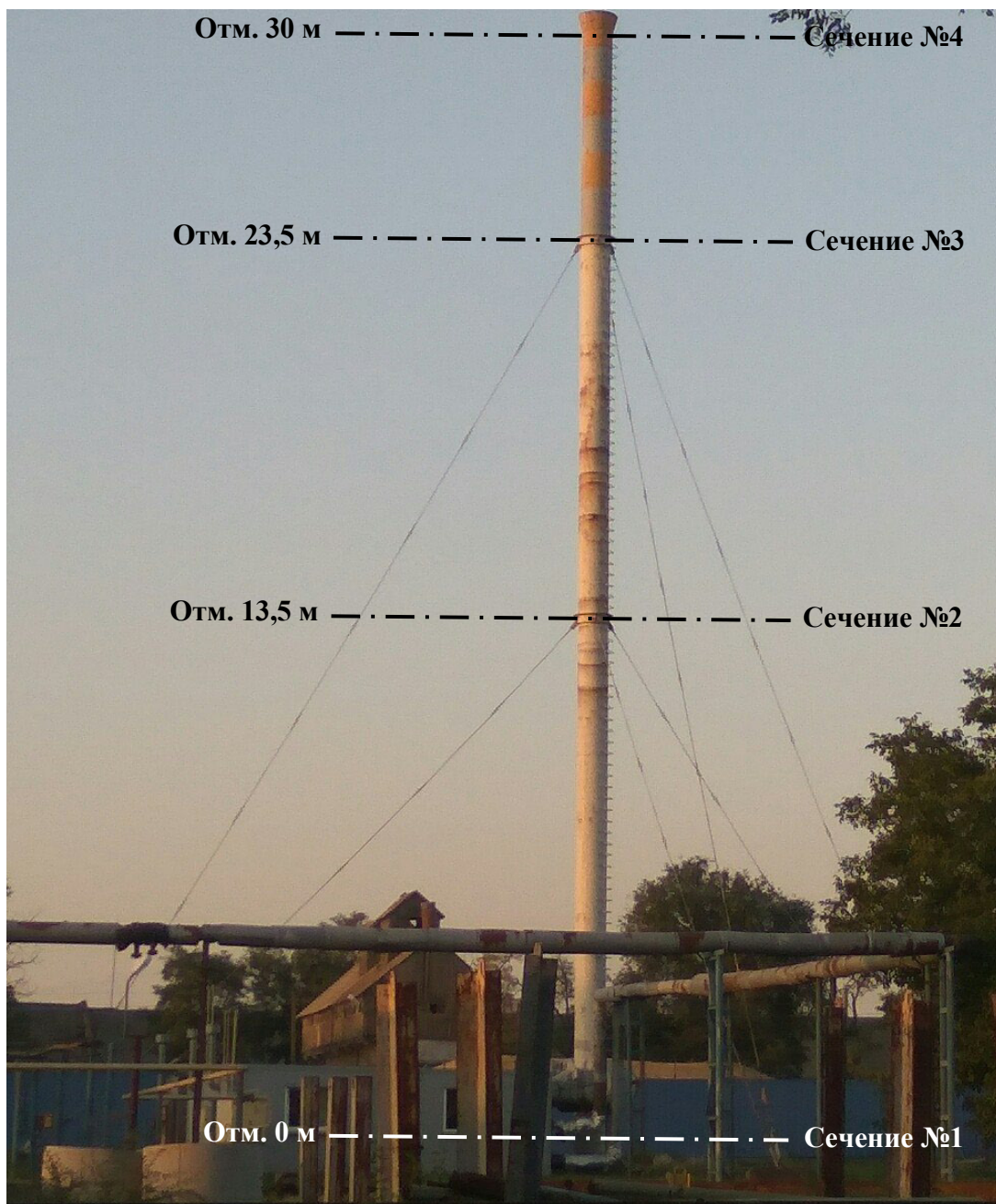


Рис. 2. Расположение контролируемых сечений на дымовой трубе

измерений. В данной программе производился пересчет полярной системы координат электронного тахеометра в прямоугольную декартовую систему координат. Затем выполнялся экспорт полученных трехмерных координат точек в формат *.dxf. Далее полученный файл открывался в ZWCAD-е, где и производилась непосредственная рисовка и анализ основных геометрических характеристик здания.

Использовались рабочие формулы пересчета полярной системы координат в

прямоугольную декартовую систему координат:

$$\begin{aligned} x_i &= s_i \cdot \cos v_i \cdot \cos \alpha_i; \\ y_i &= s_i \cdot \cos v_i \cdot \sin \alpha_i. \end{aligned} \quad (1)$$

где x_p, y_p – координаты определяемой точки.

Зная координаты верха и низа строительных конструкций, вычислили частные крены q_i по следующим формулам:

$$q_{xi} = x_{Bi} - x_{Hi}; q_{yi} = y_{Bi} - y_{Hi} \quad (2)$$

где x_{Bi}, y_{Bi} – координаты верха контролируемого объекта;

x_{Hi}, y_{Hi} – координаты низа объекта.

Абсолютный (полный) крен Q_i вычисляется по формуле:

$$Q_i = \sqrt{(q_{xi}^2 + q_{yi}^2)}. \quad (3)$$

где q_{xi} и q_{yi} – частные крены соответственно по осям X и Y .

Относительный крен i вычисляется по формуле:

$$i = Q_i / H_i, \quad (4)$$

где H_i – высота сооружения.

На рис. 1 представлена схема определения электронным тахеометром геометрических параметров металлической дымовой трубы.

Результаты первоначального измерения крена трубы

В соответствии с разделом 5, ГОСТ 24846-2012 «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений», предельные погрешности измерения крена в зависимости от высоты H наблюдаемого объекта не должны превышать величину $0,0001 \cdot H$. В нашем случае предельная погрешность измерения крена равна 3 мм. Данная точность измерений обеспечивалась использованием электронного тахеометра.

На рис. 2 приведен общий вид трубы (фото) и указаны сечения, исследуемые при контроле её вертикальности.

На рис. 3 представлена схема расположения станций стояния прибора относительно исследуемого объекта и первоначальный полный крен дымовой трубы.

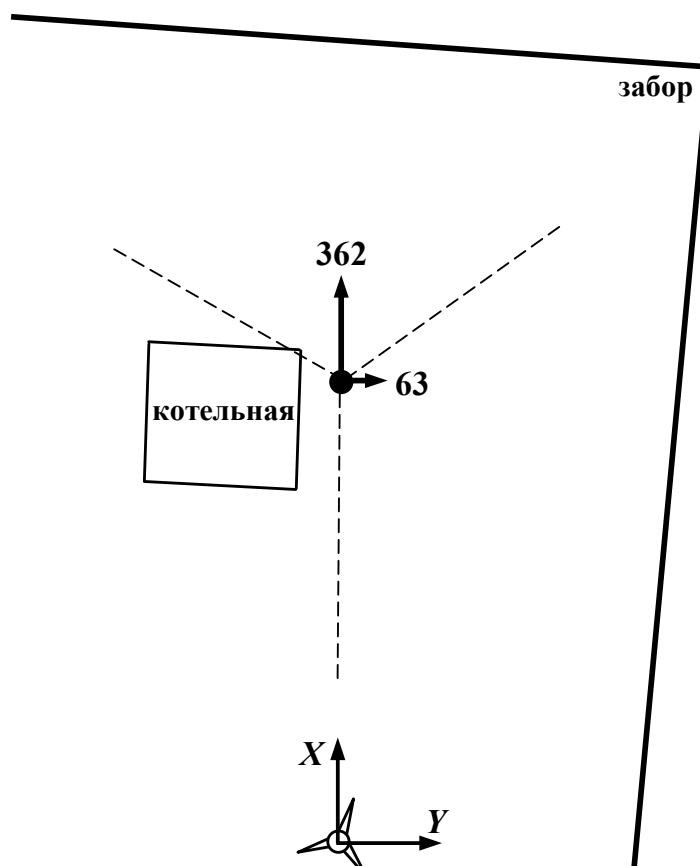


Рис. 3. Схема расположения станций стояния прибора относительно исследуемого объекта и первоначальный полный крен дымовой трубы

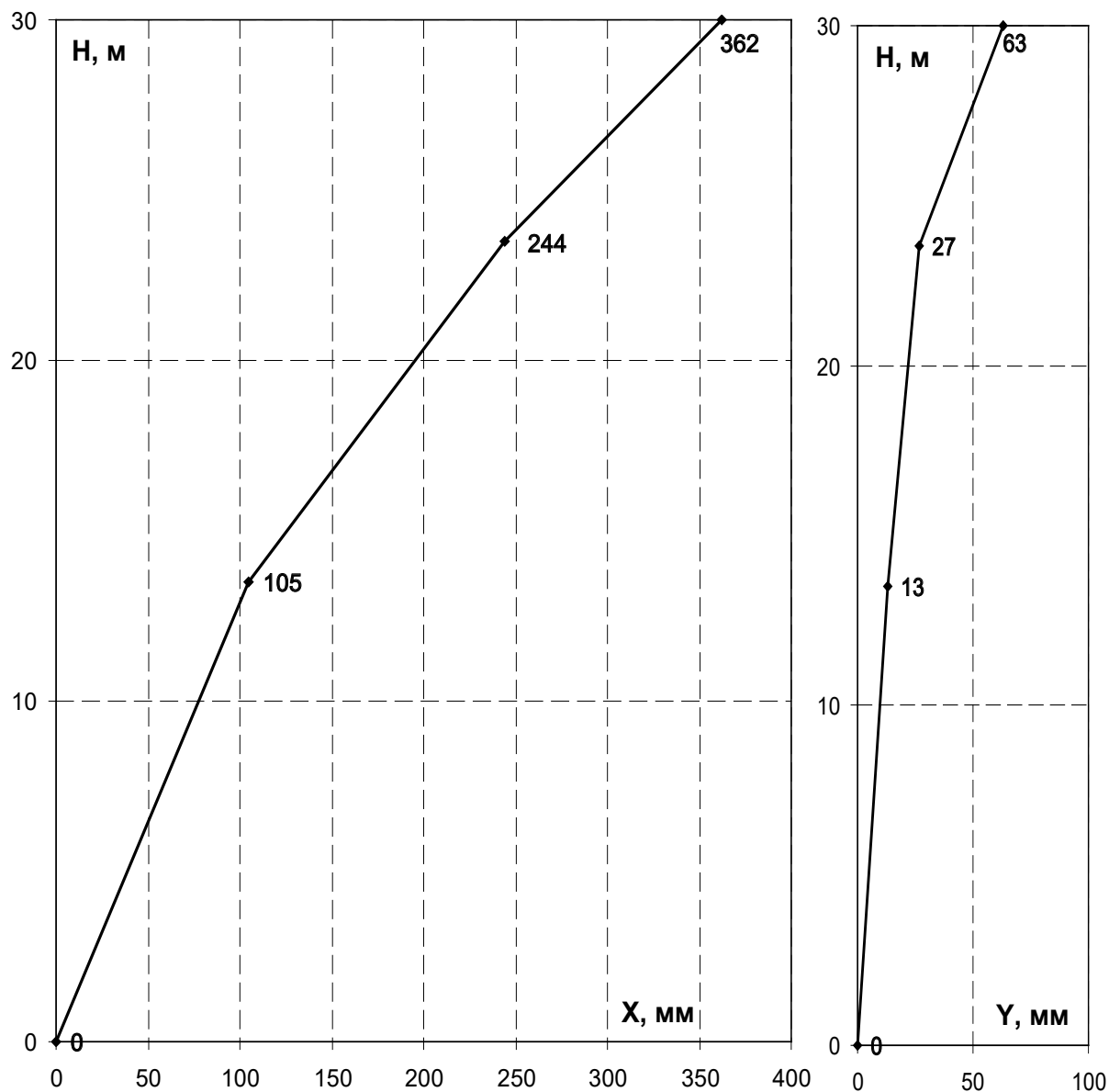


Рис. 4. Исполнительная съемка вертикальности дымовой трубы

Таблица 1 – Исполнительная съемка вертикальности центра ствола трубы

№ пояса	Условная отметка H в м	Смещение трубы от вертикали (крен)			Относитель- ный крен i в мм/м
		Частный крен по оси X q_x в мм	Частный крен по оси Y q_y в мм	Абсолютный (полный крен) Q в мм	
4	30,0	362	63	367	12,25
3	23,5	244	27	245	10,45
2	13,5	105	13	106	7,84
1	0,0	0	0	0	0,00

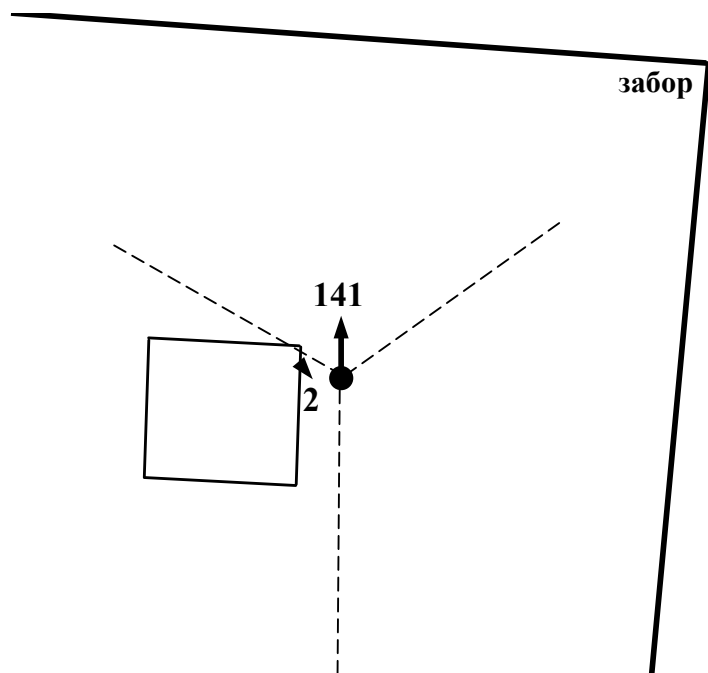


Рис. 5. Схема исправленного полного крена дымовой трубы

Численные величины и их направления полученных частных, полных и относительных кренов трубы приведены в табл. 1 и на рис. 4.

В СП 22.13330.2011 сказано, что допустимой является величина, не превышающая значения $0,005 \cdot H$ (где H – высота исследуемого сооружения). Для конкретного объекта исследований (при $H = 30$ м) предельно допустимой является величина 150 мм. Следовательно, полученный полный фактический крен трубы (367 мм) в 2,5 раза больше предельно допустимого.

Поскольку полный крен трубы в 2,5 раза превышал допуск, было принято решение об исправлении этого сверхнормативного крена.

Вертикальность объекта изменялась путем последовательного натяжения южной и северо-западной растяжек.

Численные величины и их направления полученных частных, полных и относительных кренов трубы после исправления её сверхнормативного крена приведены в табл. 2 и на рис. 5, 6.

Нами также были проведены работы по определению крена 32-метровой дымовой трубы. Дымовая труба состояла из 3-х частей (металлических труб $\text{Æ}635$ мм). На рис. 7 приведена общая схема расположения объекта. Работы выполнялись в соответствии с нормативными требованиями [1-8].

Таблица 2 – Исполнительная съемка вертикальности центра ствола трубы

№ пояса	Условная отметка H в м	Смещение трубы от вертикали (крен)			Относительный крен i в мм/м
		Частный крен по оси X q_x в мм	Частный крен по оси Y q_y в мм	Абсолютный (полный крен) Q в мм	
4	30,0	141	-2	141	4,70
3	23,5	66	-23	70	2,98
2	13,5	36	-1	36	2,67
1	0,0	0	0	0	0,00

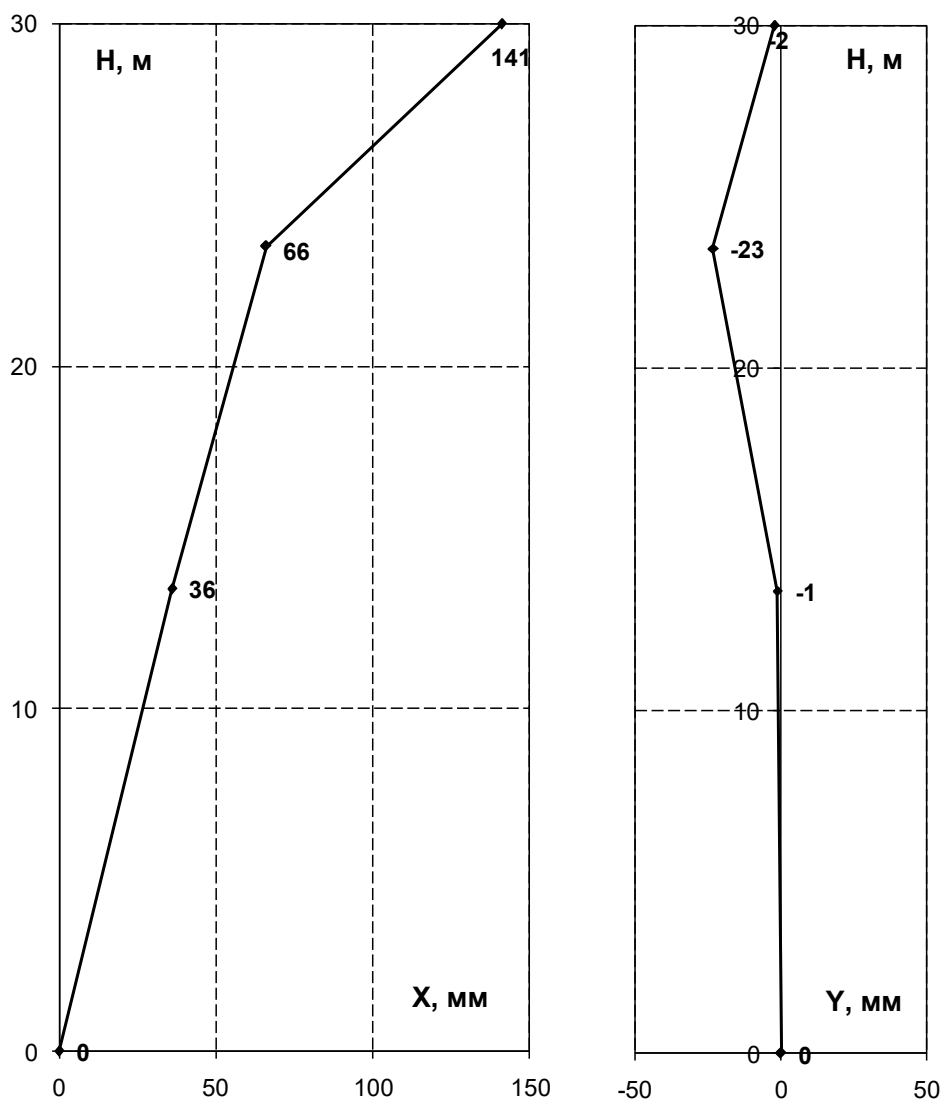


Рис. 6. Исполнительная съемка исправленной вертикальности дымовой трубы

Для выполнения измерений использовались:

- высокоточный электронный тахеометр *Trimble 3602 DR* № 503539А;
- рулетка РК-2-30 № 04.

Данные инструменты имеют свидетельства о поверке.

Для контроля геометрических параметров был реализован координатный метод, включающий следующие этапы: выбор пространственной системы координат, в рамках которой определяются геометрические параметры исследуемого сооружения; определение пространственного положения (координирование) отдельных точек, наиболее точно характери-

зующих геометрические параметры объекта; анализ параметров координат всей совокупности выбранных точек и определение геометрии исследуемого сооружения.

Съемка характерных строительных элементов трубы выполнялась с точек планового обоснования.

Для координирования положения исследуемых точек использовалась следующая методика. Тахеометр устанавливался от контролируемого сооружения на расстоянии, примерно равном высоте этого сооружения. Система координат прибора ориентировалась параллельно контролируемой плоскости трубы. Далее в рассматриваемой системе координат тахеоме-



Рис. 7. Общая схема расположения объекта

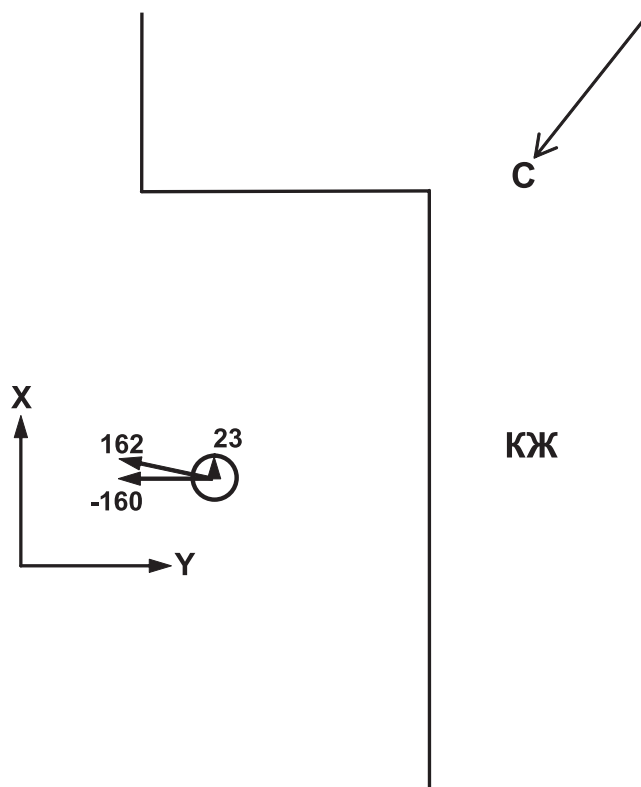


Рис. 8. Полный крен 30-метровой трубы

Таблица 3 – Исполнительная съемка вертикальности центра ствола антенны

№ пояса	Условная отметка Н в м	Смещение трубы от вертикали (крен) в мм			Относительный крен i в мм
		Частный крен по оси Xq_x в мм	Частный крен по оси Yq_y в мм	Абсолютный (полный крен) Q в мм	
1	0,0	0	0	0	0
2	12,7	5	-9	10	1
3	23,0	22	-95	98	4
4	30,0	23	-160	162	5

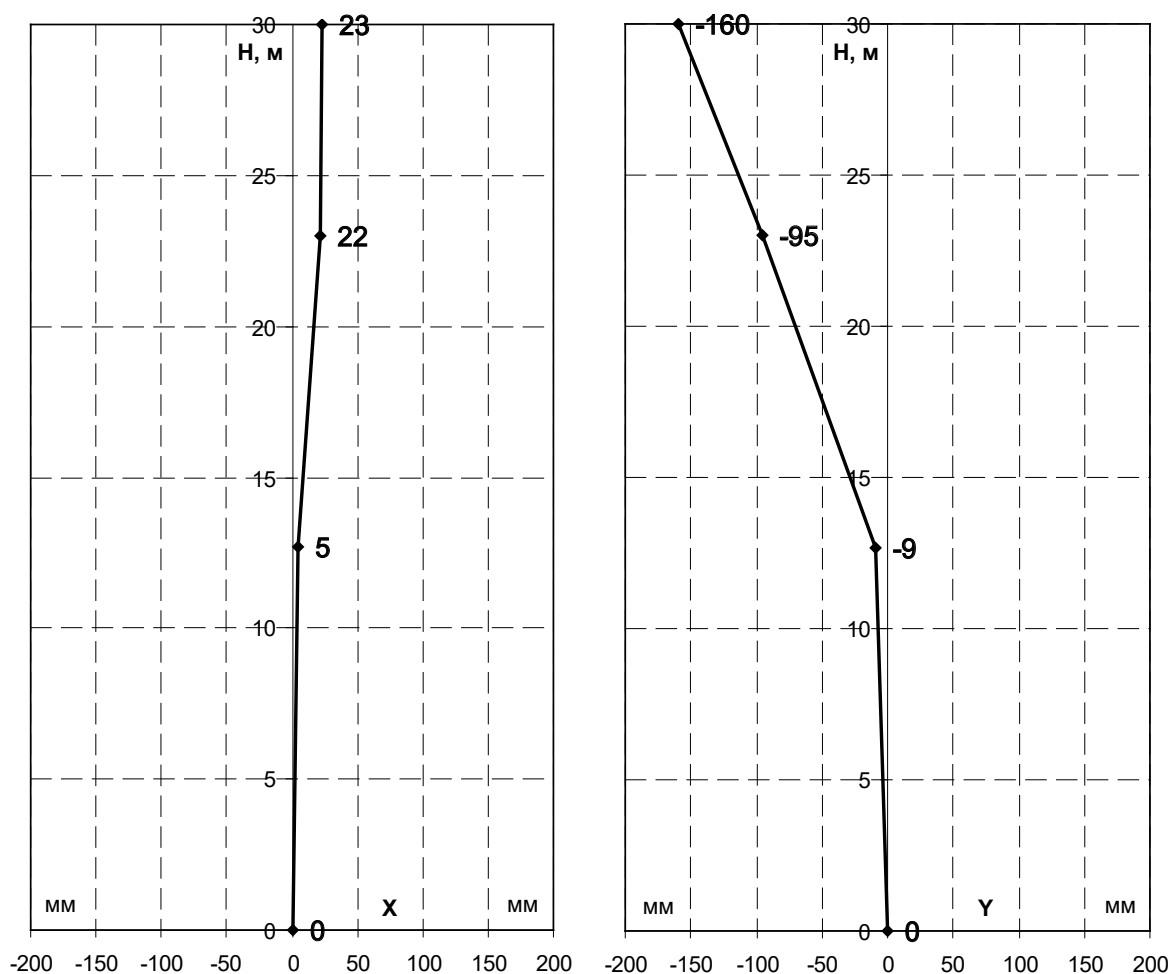


Рис. 9. Исполнительная съемка вертикальности трубы

тром производилось координирование исследуемых точек, расположенных в характерных местах исследуемого объекта. Результаты измерений записывались электронным прибором в выбранный файл регистратора-накопителя. После выполнения всего комплекса измерений данный файл транслировался в ЭВМ и далее импортировался в программу *Credo_Dat*, пред-

назначенную для камеральной обработки полевых инженерно-геодезических измерений. В рассматриваемой программе производился пересчет полярной системы координат электронного прибора в прямоугольную декартовую систему координат. Далее производился экспорт полученных трехмерных координат точек в формат **.dxf* (*AutoCAD*). Затем полученный

файл открывался в *AutoCAD*-е, где, собственно, производились рисовка и анализ главных геометрических характеристик сооружения.

Электронный тахеометр измеряет горизонтальный угол α , вертикальный угол ν и наклонное расстояние s . Рабочие формулы вычисления пространственных прямоугольных координат исследуемых точек представлены ниже:

$$\begin{aligned} h &= s \cdot \sin \nu; \quad \Delta x = s \cdot \cos \nu \cdot \cos \alpha; \\ \Delta y &= s \cdot \cos \nu \cdot \sin \alpha. \end{aligned} \quad (5)$$

Частные крены определялись по следующим формулам:

$$q_x = x_1 - x_2; \quad q_y = y_1 - y_2. \quad (6)$$

Абсолютный (полный) крен Q вычисляется по формуле:

$$Q = \sqrt{(q_x^2 + q_y^2)}. \quad (7)$$

Относительный крен i вычисляется по формуле:

$$i = Q/H, \quad (8)$$

где H – высота сооружения.

В соответствии с разделом 5, ГОСТ 24846-81 (Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений), предельные погрешности измерения крена в зависимости от высоты H наблюдаемого объекта не должны превышать для гражданских зданий и

сооружений величину $0,0001 \times H$. В нашем случае предельная погрешность измерения крена равна 3 мм. Данная точность измерений обеспечивалась использованным прибором (электронный тахеометр *Trimble 3602 DR*).

По результатам измерений получены крены (не вертикальность) трубы. Полный крен трубы приведен на рис. 8.

В табл. 3 и на рис. 9 приведены результаты контроля вертикальности секций трубы.

Согласно СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений», допустимой является величина крена, не превышающая значения $0,005 \times H$. Следовательно, при высоте трубы равной 32 м её допустимый крен равен 160 мм.

Заключение

Измерения выполнены в соответствии с нормативной литературой.

Полный крен 30-метровой металлической дымовой трубы после исправления равен 141 мм, что меньше предельно допустимого крена 150 мм. Для выявления динамики развития кренов является необходимым проведение повторных геодезических наблюдений.

Полный крен 32-метровой дымовой трубы равен 162 мм, что немного превышает допуск 160 мм. Результаты измерений могут быть использованы для выполнения мероприятий по восстановлению эксплуатационной надежности наблюдаемого объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51872-2002 «Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения». Государственный комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России). Москва, 2002.
2. ГКИНП (ГНТА) 17-195-99 «Инструкция по проведению технической поверки геодезических приборов».
3. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. Москва: Стандартинформ, 2014.
4. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва: Стандартинформ, 2010.
5. «Пособие по производству геодезических работ в строительстве (к СНиП 3.01.03-84)» утверждено приказом ЦНИИОМТП № 147 от 10 июля 1985 г.
6. ПР 50.2.002-94 «ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм.

7. «Руководства по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений». Москва: Стройиздат, 1975.
8. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Издание официальное. Госстрой России. Москва, 1997.
9. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. Мин. рег. развития РФ. Москва, 2011.
10. СП 70.13330.2012. Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Министерство регионального развития РФ. Москва, 2012.
11. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция. СНиП 3.01.03-84. Министерство регионального развития РФ. Москва, 2012.

DETERMINATION OF THE DEVELOPMENT ROLL BY ELECTRONIC MEANS OF GEODESIC MEASUREMENTS

© I. G. Gayrabekov, Yu. I. Pimshin, A. T. Mishieva, K. S. Shamsudinova
*GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia,
Don State Technical University, Rostov on Don, Russia*

The article describes the methodology and results of geodetic works performed using modern electronic measuring instruments to identify excess rolls 30 meter metal chimney. The values of rolls on separate axes and the absolute value of the roll were determined. Desk processing of the results of geodetic measurements was performed in the program Credo_Dat. Analysis and design of geometric parameters of objects is made in the software product ZWCAD. From the points of the planned justification, the characteristic construction elements of the pipe were surveyed. Control of the geometric parameters of the structure is performed by the coordinate method. It is established that the total roll of 30 meter metal structure after correction does not exceed the maximum permissible value. It is concluded that the facility is suitable for further operation.

It is established that the total roll of the 32-meter metal structure exceeds the maximum permissible value. It is concluded that the need for repeated geodetic measurements in order to identify the dynamics of the rolls. The results of measurements can be used to carry out measures to restore the operational reliability of the observed object.

Key words: instrument station, measuring instruments, office processing, coordinate system, pipe roll.

REFERENCES

1. Gosstroy Rossii, GOSTR, 51872-2002 (2002) «Dokumentatsiya ispolnitel'naya geodezicheskaya. Pravila vypolneniya». Gosudarstvennyi komitet RF stroitel'stvu i zhilishchno-kommunal'nomu kompleksu. [“Geodetic Executive Documentation. Rules of execution”. State Committee of the Russian Federation for construction and housing and communal services (Gosstroy of Russia)]. Moscow.

2. GKINP(GNTA) 17-195-99 «Instruktsiya po provedeniyu tekhnicheskoi poverki geodezicheskikh priborov». [“Instructions for the technical verification of geodetic instruments”].
3. Standartinform. GOST 24846-2012. (2014) Grunty. Metody izmereniya deformatsii osnovanii zdaniy i sooruzhenii. [Soils. Methods for measuring the deformation of the foundations of buildings and structures]. Moscow.
4. Standartinform. GOST R 53778-2010. (2010) Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya. [Buildings and constructions. Rules for inspection and monitoring of technical condition]. Moscow.
5. SNIp 3.01.03-84. Approved by order TsNIIOMTP №147. July 10, 1985. «Posobie po proizvodstvu geodezicheskikh rabot v stroitel'stve (k SNIp 3.01.03-84)». [“Manual for the production of geodetic works in construction (SNIp 3.01.03-84)”].
6. PR 50.2.002-94 «GSI. Poryadok osushchestvleniya gosudarstvennogo metrologicheskogo nadzora za vypuskom, sostoyaniem i primeneniem sredstv izmerenii, attestovannymi metodikami vypolneniya izmerenii, etalonami i soblyudeniem metrologicheskikh pravil i norm. [“GSI. The procedure for the implementation of state metrological supervision over the release, condition and use of measuring instruments, certified measurement procedures, standards and compliance with metrological rules and norms].
7. Stroizdat. (1975) «Rukovodstva po nablyudenyam za deformatsiyami osnovanii i fundamentov zdaniy i sooruzhenii». [“Guidelines for the observation of deformations of the foundations and foundations of buildings and structures.”]. Moscow.
8. SP 11-104-97. (1997) Inzhenerno-geodezicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. Izdanie ofitsial'noe. Gosstroy Rossii. [Geodetic engineering surveys for construction. The publication is official. Gosstroy of Russia]. Moscow.
9. Min.Reg. Razvitiya RF. SP 22.13330.2011. (2011) Osnovaniya zdaniy i sooruzhenii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.02.01-83. [Foundations of buildings and structures. Updated version of SNIp 2.02.01-83. Min Reg. Development of the Russian Federation.] Moscow.
10. Ministerstvo regional'nogo razvitiya RF. SP 70.13330.2012. (2012) Svod pravil. Nesushchie i ograzhdayushchie konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 3.03.01-87. [Set of rules. Bearing and enclosing structures. Updated edition of SNIp 3.03.01-87. Ministry of Regional Development of the Russian Federation]. Moscow.
11. Ministerstvo regional'nogo razvitiya RF. SP 126.13330.2012. (2012) Geodezicheskie raboty v stroitel'stve. Aktualizirovannaya redaktsiya. SNIp 3.01.03-84. [Geodetic works in construction. Updated edition. SNIp 3.01.03-84. Ministry of Regional Development of the Russian Federation]. Moscow.

МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРА ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ СПУТНИКОВЫМИ И НАЗЕМНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

© Э. И. Ибрагимова, И. Г. Гайрабеков

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

К числу важнейших сведений кадастра недвижимости относят геодезические материалы. Геодезические данные представляют собой значения координат характерных точек, описывающих границы пространственного положения объекта недвижимости. Традиционные геодезические приборы и технологии не способны сегодня обеспечить качественное и оперативное геодезическое сопровождение кадастровых работ. В то время как внедряемые новые технологии геодезических измерений и построений обладают рядом преимуществ и могут заменить традиционные технологии. Благодаря оснащению приборов современным программным обеспечением и вводу в эксплуатацию роботизированных станций, позволяющих без участия человека производить измерения, работа кадастровых инженеров стала более эффективной. В данной статье описываются основы геодезических работ кадастра земель. Поставлена цель – рассмотреть технологические этапы инженерно-геодезических изысканий. Для достижения цели поставлены следующие задачи: рассмотреть методы геодезических съемок с применением GNSS-технологий, уделить внимание конструктивным особенностям приборов и оборудования для этого вида работ, а также программным продуктам, которые применяются для обработки информации.

Ключевые слова: инженерно-геодезические изыскания, GNSS-технологии, методы геодезических съемок, программное обеспечение, кадастр, картография, вычислительная техника, GPS-приемники, топографическая съемка, точность определения координат.

Введение

Всё чаще с земельными участками производят различные операции – их дарят, покупают, меняют, изымают. В связи с этим между собственниками земли возникают разногласия и споры по местоположению и размерам земельных участков. Для устранения разногласий, подтверждения имущественного права проводится кадастровая съемка. Она представляет собой комплекс работ, выполняемых для определения и восстановления границ земельных участков.

В кадастровой инженерии используются специальные геодезические приборы, без которых невозможно решать кадастровые вопросы.

После Великой Отечественной войны приборостроение развивалось по нескольким направлениям. Приборы становились легче, точнее и удобнее. В XX веке были созданы светодальномеры и радиодальномеры. В СССР

В. А. Величко и В. П. Васильев в 1953 г. создали первый светодальномер. А в 1960 г. в нашей стране под руководством А. А. Генике был разработан первый отечественный геодезический радиодальномер. С изобретением светодальномеров и радиодальномеров увеличилась точность измерений и улучшилась производительность труда геодезистов [5].

Методика. На данный момент в мире действуют две полностью развернутые GNSS: GPS – GlobalPositioningSystem – принадлежит Министерству обороны США, также известна под более ранним названием NAVSTAR и ГЛОНАСС – Глобальная Навигационная Спутниковая Система, принадлежащая Министерству обороны России. [4]. Эффективность использования данной технологии инженерно-геодезических изысканий очевидна и применяется на производстве. Инженерно-геодезические изыскания обеспечивают проект всеми необхо-

димыми данными о ситуации и рельефе местности, объектах на участке проектирования. Все работы по геодезическим исследованиям местности проводят с целью получения материалов топографической съемки [2].

Основная часть. Средняя погрешность межевых знаков согласно ТКП 289-2010 (03150) «Установление, закрепление границ земельных участков. Порядок проведения» [1] не должна превышать 0,1 мм в масштабе создаваемого кадастрового плана (для масштаба 1:500 погрешность не должна превышать 5 см). Такая точность может быть обеспечена применением современных геодезических приборов: электронных тахеометров и спутниковых приёмников.

Спутниковая система реализует новую прогрессивную технологию, которая заключается в оборудовании обслуживаемой территории сетью постоянно действующих референционных станций, обеспечивающих позиционирование пользователей в режиме реального (RTK) и отложенного (постпроцессинг) времени. В Спутниковой системе используется информация космических навигационных систем GPS и ГЛОНАСС. Точность спутниковых измерений координат характерных точек объектов недвижимости необходимо увязывать с требованиями по точности определения площадей, например, по методике, предложенной в работе [3]. При проведении кадастровых работ в Саргатском районе предпочтительно применение спутниковых технологий, что, несомненно, повышает точность измерений. Несмотря на это, необходимо проводить контроль полученных результатов.

Контроль правильности проведения геодезических работ производят путем полевого обследования и камеральной обработки материалов работ.

Подготовительный этап требует внимательного и сосредоточенного изучения всех материалов. Проект готовят из двух частей: графической и текстовой. Текстовая часть содержит следующие сведения: о приборе; о причинах проведения уточнения границ; о приметах местности; данные, которые отображены в старой документации; информацию о предыдущем межевании, если такое проводи-

лось; порядок, по которому планируется собирать новые данные; при необходимости проведения новых подсчетов или для проверки старых данных необходимым является уточнение о формулах и порядке расчетов; предполагаемые сроки сдачи проекта.

Просмотр материалов дает возможность установить правильность, точность определения координат характерных точек уточняемого земельного участка, полноту и комплектность ведения записей, вычислений, оформления и комплектования материалов по результатам работ.

В соответствии с основными направлениями модернизации государственной геодезической сети РФ наиболее перспективным для решения геодезических задач считается применение спутниковых технологий [3; 5]. Значит ли это, что спутниковые методы определения местоположения в ближайшем будущем полностью заменят наземные при выполнении кадастровых съёмок?

Действительно, при наличии сети постоянно действующих референционных станций применение GPS-приёмников для определения положения межевых знаков имеет явные преимущества перед наземными методами, прежде всего такие как:

- значительное уменьшение плотности опорной сети;
- возможность получения координат межевых знаков с необходимой точностью независимо от локальных деформаций государственных и местных геодезических сетей;
- значительное снижение временных затрат на производство полевых измерений.

Например, при определении положения границ земельного участка, расположенного на территории Чеченской Республики, с использованием GPS-приёмников количество пунктов опорной сети в 2,5 раза меньше, чем при применении электронных тахеометров (два пункта к пяти). Такое уменьшение количества пунктов стало возможным благодаря использованию постоянно действующего пункта спутниковой геодезической сети 1 класса.

Схемы опорных сетей для определения положения границ земельного участка с применением GPS-приёмников и электронных та-

хеометров представлены на рисунках 1, 2 соответственно [4].

Результаты показывают, что в благоприятных для выполнения измерений условиях оба метода позволяют определять координаты межевых знаков с точностью 2 см. Следовательно, каждый способ может применяться для выполнения работ по установлению границ земельных участков. Выбор в пользу одного из способов зависит от следующих факторов:

- характера местности (открытая, застроенная и т. д.);
- расположения исходных пунктов;
- наличия соответствующих геодезических приборов и квалифицированных исполнителей;
- объема финансирования и сроков выполнения работ.

Точность определения положения межевых знаков зависит в основном от погрешности пунктов опорной сети и погрешности измерений [4; 5], а следовательно, от применяемых приборов и методов.

Специалисты компании НАВГЕОКОМ возводят в Чеченской Республике опорно-межевую сеть, которая в данный момент уже охватывает большую часть региона. С реализацией этого проекта связано развертывание в г. Грозном регионального центра оказания услуг в области межевания и восстановления опорно-межевой сети. Центр будет осуществлять обработку статических спутниковых измерений пользователей GPS/ГЛОНАСС оборудования, решать вопросы межевых споров.

Специалисты связывают перспективы развития и использования сети станций в Чеченской Республике с активным промышленным освоением территории, добычей полезных ископаемых и крупными инфраструктурными проектами.

На первом этапе строительства сети инженеры компании НАВГЕОКОМ – Юг завершили установку трёх базовых станций Leica GMX902 GG и программного обеспечения Leica GNSS Spider, сейчас сеть работает в тестовом режиме. Функциональные возможности системы обеспечивают работу в реальном времени и удобство авторизации пользователей сети.

На втором этапе будет произведено уравнение геодезической сети, будут получены все необходимые юридические документы. Специалисты НАВГЕОКОМ обучат персонал Центра и пользователей сети работе с оборудованием и программным обеспечением.

В перспективе запланирована установка базовых станций в городах Назрань, Владикавказ, Пятигорск и их объединение в единый информационный комплекс.

В настоящее время лидерами по производству высокоточных геодезических приборов являются такие компании, как Leica (Швейцария), Sokkia (Япония), Trimble (США). Сейчас современные приборы являются высокоточными электронными оптико-механическими инструментами, предназначенные для эксплуатации в сложных условиях. Они имеют оптимальные размеры, вес и в меньшей степени зависят от погодных условий. Также приборы стали более эффективными по точности и производительности измерений. Принцип работы этих приборов аналогичен ранее созданным.

Нельзя не сказать о новых компьютерных программах, которые используют геодезисты для своей работы. Самыми актуальными программами считаются Pythagoras и Арго Чертеж 7. Pythagoras используют для графической части межевых и технических планов, а Арго Чертеж 7 – для оформления и создания кадастровых документов [3, 9].

В настоящее время вводят в эксплуатацию роботизированные станции, которые могут без участия человека по заранее заложенной программе производить измерения объектов недвижимости. С момента начала производства геодезических приборов прошло много времени. С тех пор ученые создали теодолиты, нивелиры, тахеометры, дальнометры, лазерные рулетки и т. д. Но время движется вперед, и с каждым годом геодезические приборы все более модернизируют, оснащают современным программным обеспечением, что делает работу геодезистов и кадастровых инженеров более эффективной и качественной [3].

Приемники, работающие в системе GPS (или системе ГЛОНАСС), – высокоточное оборудование, используемое для получения точных данных при выполнении кадастровых и

геодезических работ. GPS-геодезия позволяет сократить временные и трудовые затраты и облегчает выполнение инженерно-геодезических изысканий. GPS (система глобального позиционирования) представляет собой 24 спутника, скоординированных между собой и передающих навигационную информацию на землю. Прием данных осуществляется спутниковыми приемниками, как простыми, задействованными в навигаторах, так и технически сложными, установленными в высокоточном, в том числе и геодезическом, оборудовании.

При использовании GPS-оборудования снижаются сроки геодезических работ, т.к. идет одновременный сбор и последующая обработка координатных данных (рис. 1.) [1-7].



Рис. 1. – GPS-приемники

При помощи геодезических приемников стало возможно определение координат с точностью до миллиметров. Но для того, чтобы применять данные, полученные при съеме координат точек, нужно обработать полученные GPS-приемником данные. А вот ПО навигационных приемников GPS позволяет экспортировать данные с приемника на внешние устройства и импортировать в него необходимые данные о траекториях и маршрутах [10].

Программное обеспечение

Для чего нужно программное обеспечение при выполнении разных геодезических задач? На самом деле программное обеспечение (ПО) визуализирует снятые на GPS-приемниках данные (рис. 2). Существуют программы, созданные специально для корректировки дан-

ных, например, можно уравнивать координатное поле или удалять, при необходимости, координаты.



Рис. 2. – Передача данных

Выбор ПО и его разновидности при обработке данных GPS

При выборе программного обеспечения следует знать, что разное ПО выполняет различные функции. Например, при использовании геодезических приемников ПО позволяет предварительно производить разбивку, иначе говоря: планировать съёмку, создавать цифровые карты, перемещать данные с приемника на компьютер и т.д. [10].

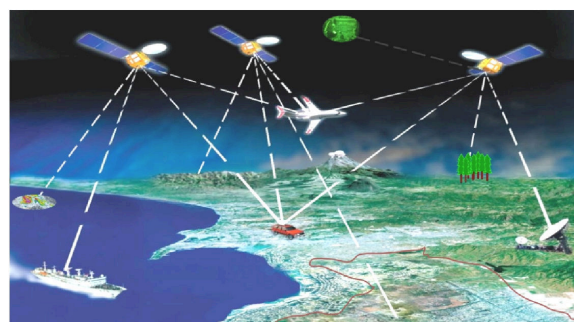


Рис. 3. – Навигационные приемники

В навигационных приемниках используется навигационное программное обеспечение, позволяющее находить искомые пункты, про-

кладывать маршруты, записывать траектории во время движения (рис. 3).



Рис. 4. – SmartStation

На примере полевого инструмента компании LeicaGeosystems, Smartstation рассмотрим возможности его ПО. Smartstation (рис. 4.) представляет собой соединенный электронный тахеометр TPS1200 и двухчастотный GPS-приемник. Уникальность его заключается в том, что он особо эффективен там, где съемочное обоснование недостаточно развито или отсутствует.

Второй его уникальной чертой является новая версия внутреннего ПО тахеометров Leica TPS1200 (firmware 3.0). Оно позволяет записывать «сырые» спутниковые измерения.

Обработка данных GNSS и TPS измерений производится в едином многофункциональном программном обеспечении LeicaGeoOffice. Возможность совместной обработки данных полезна, когда нет доступа к исходному пункту, и базовая точка устанавливается рядом с ним. Достаточно один раз настроить LeicaGeoOffice, чтобы потом использовать его на всех этапах обработки данных.

К таким опциям относятся:

- постобработка GPS/ГЛОНАСС измерений;
- преобразование координат из WGS84 или ПЗ-90 в локальную систему координат;
- импорт данных в формате RINEX;

- уравнивание сети;
- экспорт данных в GIS/CAD форматах и многие другие опции.

Таким образом, итогом работы является предоставление основной информации о программном обеспечении, обработке GPS-данных, а также основных видах таких ПО и их основных характеристиках.

Для производства топографических съемок на первом этапе создается геодезическое обоснование. Геодезическими сетями называют совокупность точек (пунктов), закрепленных на местности определенным образом, положение которых определено в единой системе координат и высот. Геодезические сети подразделяются на плановые и высотные, по точности подразделяются: на государственную геодезическую сеть (ГГС) 1, 2, 3, 4 классов, сети сгущения 1 и 2 разрядов, съемочные сети. В связи с широким внедрением в геодезическую деятельность спутниковых технологий, в настоящее время наиболее рациональным методом определения положения пунктов сети является применение спутниковых геодезических средств глобальной системы позиционирования GPS, это обусловлено тем, что спутниковые технологии превосходят традиционные методы по точности и оперативности получения данных. Создание планово-высотной съемочной геодезической сети выполняется спутниковой геодезической аппаратурой, например GPS Trimble R7, R8 (рис. 5).



Рис. 5. – Внешний вид GPS приемника Trimble R7

Применяя метод GNSS определений, расстояние до спутника определяется по време-

ни прохождения радиосигнала от спутника до приемника. Как спутник, так и приемник генерируют один и тот же псевдослучайный код строго одновременно в общей шкале времени. Топографические работы с применением GPS-технологий выполняются в два этапа. Первый этап – определение на местности координат точки, которая впоследствии будет играть роль базовой станции.

Второй этап – топографическая съемка местности GPS-приемниками, он возможен только при наличии работающего приемника, установленного на базовой станции, координаты которой определены на первом этапе. Первый этап работ по определению координат базовой станции иначе называют «координирование базовой станции». Площадь района производства работ ограничивается длиной базовой линии, которая может быть вычислена между базовым и роверным приемником. В случае, когда базовый приемник – одночастотный, длина базовой линии обычно не превышает 20-25 км. При использовании двухчастотного приемника – это расстояние в большинстве случаев не превышает 50 км. После определения границ участка работ приблизительно в его центре отыскивается место для установки базовой станции. Это место должно удовлетворять следующим основным условиям: открытое небесное пространство для спутниковых наблюдений, защищенность от механических повреждений как самого приемника, так и его элементов, сохранность спутниковой аппара-

туры в период проведения работ. Для каждого метода геодезической съемки соответствуют разные ситуации, представленные в табл. 1.

Статическая съемка является точным методом геодезической съемки. При статической съемке антенна устанавливается над точкой на штативе (рис. 6).



Рис. 6. – Положение антенны над точкой при статической съемке

Методы геодезических съемок GPS-приемниками. Приемники классифицируются по конструктивным особенностям – типу слежения за спутниками, видами принимаемых и обрабатываемых сигналов, по портативности и техническим возможностям, по точности и стоимости (рис. 7, 8).

Точность определения координат GPS-приемниками. На точность определения координат существенное влияние оказывают

Таблица 1 – Методы геодезических съемок GPS-приемниками

Методы геодезической съемки	Соответствующие ситуации
Статическая съемка	Когда требуется измерение большой базовой линии и/или высокая точность
Быстрая статическая съемка	Когда требуется высокая точность на коротком расстоянии при ограниченном времени работ
Кинематическая съемка Стою – Иду (StopandGo)	Когда требуется проведение наблюдений большого числа точек на коротком расстоянии при ограниченном времени работ
Непрерывная кинематическая съемка	Динамическая топографическая съемка
Кинематическая съемка в реальном времени (RTK)	Вынесение объекта в натуру, топографическая съемка и другие случаи, когда требуется получение точных координат большого числа точек в реальном времени



Рис. 7. – Внешний вид ручного GPS-приемника



Рис. 8. – Внешний вид многоканального GPS-приемника

ошибки, возникающие при выполнении процедуры измерений. Природа этих ошибок различна.

Заключение. В заключение необходимо отметить, что рассмотрены современные геодезические технологии инженерно-геодезических изысканий с применением GNSS-технологий и геодезического оборудования. Эффективность использования данной технологии инженерно-геодезических изысканий очевидна, в настоящее время актуальна и обеспечивает высокую производительность.

С учётом вышесказанного можно прогнозировать, что в ближайшем будущем в практике кадастровых работ GPS-технологии в чистом виде не найдут в России широкого применения.

Выводы, ожидаемый эффект. Программный комплекс TRIMBLE BusinessCenter, используемый при обработке геодезических

данных. TrimbleBusinessCenter является идеальной офисной программой для обработки и анализа геодезических данных GNSS и наземных геодезических данных (тахеометра и нивелира), зарегистрированных в полевых условиях, а также для их экспорта в пакет программ для САПР. В настоящее время вводят в эксплуатацию роботизированные станции, которые могут без участия человека по заранее заложенной программе производить измерения объектов недвижимости. С момента начала производства геодезических приборов прошло много времени. С тех пор ученые создали теодолиты, нивелиры, тахеометры, дальномеры, лазерные рулетки и т. д. Но время движется вперед, и с каждым годом геодезические приборы все более модернизируют, оснащают современным программным обеспечением, что делает работу геодезистов и кадастровых инженеров более эффективной и качественной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврунев Е. И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости: монография. Новосибирск: СГГА, 2010. 143 с.
2. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии В 2 т. Т. 1. Монография / ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. 334 с.
3. Картография: Справочное пособие к лабораторным работам и контрольной работе для студентов всех форм обучения направления бакалавриата 120700 – «Землеустройство и кадастры» / Бердзенишвили С. Г., Гура Д. А., Желтко Ч. Н., Кравченко Э. В. // ФГБОУ ВПО «КубГТУ». Краснодар: Издательский Дом Юг, 2014.

4. Геодезия: учебник для студ. учреждений высш. образования / *Илюшин Е. Б., Киселев М. И., Михелев Д. Ш., Фельдман В. Д.*; под ред. Д. Ш. Михелева. М.: Академия, 2014. 496 с.
5. *Karpik A. P., Avrunev E. I., Truhanov A. E.* To the question of geodetic and cartographic provision of cadastral register // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. Vol. 10. №.18. P. 39601-39602.
6. *Купреева Е. Н.* Наука и образование: проблемы и тенденции развития: Материалы V Международной научно-практической конференции, г. Уфа, 2017. 227 с. «Применение GNSS-технологий для целей межевания». С. 113-122.
7. *Кузнецова А. А., Гура Д. А., Шевченко Г. Г.* Опыт использования технологий и оборудования Leica Geosystems в учебно-образовательном процессе КубГТУ. Выполнение хозяйственных работ // *Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник)*. 2013. №4. С. 64-66.
8. *Seredovicki V.A., Avrunev E.I., Plyusnina E.S.* Proposals on mathematical processing. Improvement of geodetic measurements for geodetic monitoring of engineering constructions // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. Vol. 10. №24. Pp. 45553-45557.
9. China Construction of Geometric Modeland Topology for 3d Cadastre – case Studyin Taizhou, Jiangsu/ *Yuan Ding, Changbin Wu, Nan Jiang, Bingqing Ma, Xinxin Zhou* // *FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch*. New Zealand, May 2-6, 2016. Режим доступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_06.pdf
10. *Thompson R.J., Van Oosterom P., Soon K.H.* Mixed 2 Dand 3D Survey Plans with Topological Encoding [Электронный ресурс] // *FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch*. – New Zealand, May 2-6, 2016. Режим доступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_17.pdf

METHODS OF GEODETIC SUPPORT CADASTRE OF URBAN LAND SATELLITE AND TERRESTRIAL TECHNOLOGIES

© E. I. Ibragimova, I. G. Gayrabekov

GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia.

Among the most important information of the real estate cadastre include geodetic materials. These data represent the coordinate values of the characteristic points describing the boundaries of the spatial position of the property. Traditional surveying instruments and technologies are not able today to provide high-quality and operational geodetic support of cadastral works. While the introduction of new technologies of geodetic measurements and constructions have a number of advantages and can replace traditional technologies. Thanks to the equipment of devices with modern software and commissioning of robotic stations, allowing without human intervention to make measurements, makes the work of cadastral engineers more efficient. This article describes the basics of surveying land cadastre. The aim is to consider the technological stages of engineering and geodetic surveys. To achieve the goal, the following tasks: to consider methods of surveying using GNSS – technologies, to pay attention to the design features of devices and equipment for this type of work, as well as software products that are used for information processing.

Keywords: engineering-geodetic surveys, GNSS – technologies, methods of geodetic surveys, software, cadastre, cartography, computer equipment, GPS receivers, topographic survey, accuracy of coordinates.

REFERENCES

1. Avrunev, E. I. (2010) Geodezicheskoe obespechenie gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti: monografiya. [Geodetic support of the state real estate cadastre: monograph]. Novosibirsk: SGGA. 143 p.
2. Antonovich, K. M. (2005) Ispol'zovanie sputnikovykh radionavigatsionnykh sistem v geodezii. V 2 t. T. 1. Monografiya [The use of satellite radio navigation systems in geodesy V 2 tons T. 1. Monograph] / GOU VPO «Sibirskaya gosudarstvennaya geodezicheskaya akademiya». [GOU VPO «Siberian State Geodetic Academy»]. M.: FGUP «Kartgeotsentr», 334 p.
3. Berdzenishvili, S. G., Gura D.A., Zheltko, Ch. N. and Kravchenko, E. V. (2014) Kartografiya: Spravochnoe posobie k laboratornym rabotam i kontrol'noi rabote dlya studentov vsekh form obucheniya napravleniya bakalavriata 120700 [Cartography: A reference manual for laboratory work and control work for students of all forms of training in the direction of undergraduate work and control work for students of all forms of training in the direction of undergraduate 120700] 'Zemleustroistvo i kadastry' [Land Management and Cadastres] / FGBOU VPO «KubGTU». Izdatel'skii Dom Yug, Krasnodar.
4. Ilyushin, E. B., Kiselev, M. I, Mikhelev, D. Sh., Feldman, V.D. Pod red. D. Sh. Mikheleva (2014) Geodeziya: uchebnik dlya stud. Uchrezhdenii vyssh. Obrazovaniya [Geodesy: a textbook for students. Higher education institutions Education]. «Akademiya», M.: 496p.
5. Karpik, A. P., Avrunev, E. I. and Truhanov, A. E. (2015) 'To the question of geodetic and cartographic provision of cadastral register' // *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol. 10, No. 18. Pp. 39601-39602.
6. Kupreeva, E. N. (2017) Nauka i obrazovanie: problemy i tendentsii razvitiya *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, [Science and education: problems and development trends. Materials of the V International Scientific and Practical Conference]. p. 227. «Primenenie GNSS tekhnologii dlya tselei mezhevaniya». [“The use of GNSS technology for land surveying.”] Ufa, pp. 113-122.
7. Kuznetsova, A. A., Gura, D. A. and Shevchenko, G. G. (2013) Opyt ispol'zovaniya tekhnologii i oborudovaniya Leica Geosystems v uchebno-obrazovatel'nom protsesse KubGTU. Vypolnenie khozdogovornykh rabot. Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhnicheskii vestnik). [Experience in using Leica Geosystems technologies and equipment in the educational process of KubSTU. Execution of contractual work. *The science. Equipment. Technologies (Polytechnic Bulletin).*] №4. pp. 64-66.
8. Seredovikli, V. A., Avrunev, E. I. and Plyusnina, E.S. (2015) Proposals on mathematical Processing Improvement of Geodetic Measurements For Geodetic Monitoring of Engineering Constructions // *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol. 10, No. 24. Pp. 45553-45557.
9. Yuan Ding, Changbin Wu, Nan Jiang, Bingqing Ma and Xinxin Zhou China (2016) Construction of Geometric Model and Topology for 3d Cadastre – case Study in Taizhou, Jiangsu // FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch. New Zealand, May 2-6, 2016. Пе-жимдоступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_06.pdf
10. Thompson R.J., Van Oosterom P. and Soon K.H. (2016) Mixed 2D and 3D Survey Plans with Topological Encoding // FIG Working Week /Recovery from Disaster Christchurch. – New Zealand, May 2-6, 2016.: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_17.pdf

ЭФФЕКТИВНЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ ШТУКАТУРНЫЕ РАСТВОРЫ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

© Исмаилова З. Х., Хамидов М. А., Мовсулов М. М.

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

Работа посвящена актуальной проблеме повышения эффективности утилизации техногенных отходов с получением вторичных сырьевых материалов для бетона и строительного раствора. Представлены результаты испытаний вторичного заполнителя (песка) из керамического кирпичного боя и строительных штукатурных растворов на его основе. Получены экспериментальные зависимости основных свойств строительных штукатурных смесей от вида и количества вторичного заполнителя из техногенного сырья в их составах. Обозначена перспективность продолжения экспериментальных работ в данном направлении с использованием современных химических модификаторов структуры цементного камня для повышения эффективности использования вторичных сырьевых продуктов техногенного происхождения.

Работа выполнена в рамках исследований по реализации научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ).

Ключевые слова: строительные растворы, вторичные материалы, техногенные отходы, кирпичный бой, утилизация отходов, песок из кирпичного боя, плотность, теплопроводность, эффективность.

С переходом России на инновационное развитие экономики, когда российский рынок стройматериалов переполнен продукцией зарубежных производителей, крупные строительные предприятия российского производства все больше задумываются о развитии эффективного и мобильного отечественного производства [1-3]. В связи с этим на первый план выходит острая необходимость внедрять в строительное производство все более эффективные инновационные решения и разработки с максимальным решением вопросов актуальной концепции ресурсо- и энергосбережения с широким применением местного сырья, в том числе техногенного происхождения, а также использовать современные технологии быстровозводимых зданий. При этом необходимо учитывать, что система «материал – человек – среда обитания» должна отвечать всем современным требованиям по доступности, комфортности и надежности. Именно от решения таких выше обозначенных проблем зависит

доступность и комфортность жилья. Поэтому выбор материалов для возведения зданий должен осуществляться с учетом всех факторов [4-6].

Вопросы использования местного сырья в технологии бетона и строительного раствора были актуальны всегда и во всем мире, ввиду того, что привозные сырьевые материалы значительно повышают себестоимость конечной продукции [7]. Однако в последние столетия проблемы ресурсо- и энергосбережения выходят на первый план и требуют инновационных, высокоэффективных решений как от каждого государства, так и каждого жителя планеты, поскольку данная проблема – проблема экологической безопасности – это задача мировой значимости и уровня, от правильности решения которой зависит будущее всего человечества.

Как считают многие ученые-материаловеды [8-11,17,19], оптимальным и наиболее эффективным в настоящее время решением проблемы ресурсосбережения в промышленности

строительных материалов и строительства является вторичное использование «отходов производства и потребления», образующихся практически на всех промышленных предприятиях. При этом считается, что само понятие «отходы производства и потребления» для многих вторичных продуктов является условным, поскольку при рациональном подходе по их утилизации они превращаются в ценное, порой даже дефицитное сырье, называемое техногенным.

Одним из наиболее рациональных направлений утилизации промышленных отходов считается, как правило, их вторичное использование при получении различного вида продукции, и прежде всего строительного назначения – бетона и строительного раствора, реализация которого будет до 40% удовлетворять потребности в сырье промышленности строительных материалов. Экспериментально доказано, что использование вторичного сырья из отходов промышленности способствует снижению прямых затрат на производство до 30%, экономии капитальных вложений – 35-50% [8].

Общеизвестно, что помимо природного сырья в Чеченской Республике имеются многотоннажные отвалы вторичных ресурсов. Это в первую очередь бетонный и железобетонный лом, кирпичный бой [12-14], образовавшиеся на территории после военных действий в 90-е и в начале 2000-х гг. При этом из общего объема строительных твердых отходов процент бетонного и кирпичного боя составляет 60-75%. Ежегодно рост объемов отходов строительства и сноса зданий и сооружений также составляет 20-25%.

К малоисследованным продуктам техногенного происхождения относятся также отходы от сжигания твердого топлива – угля, образовавшиеся на Грозненских ТЭЦ, действовавших до 90-х гг. прошлого века. Это золошлаковые отходы, пригодные при их механической обработке для использования в качестве тонкомолотого наполнителя и легкого шлакового заполнителя в технологии бетона и строительного раствора [13].

Чеченская Республика также необычайно богата мелкими кварцевыми песками Толстой-Юртовского, Веденского, Дачу-Барзоев-

ского и Беноевского месторождений с модулем крупности $M_k = 0,7-1,3$, которые согласно ГОСТ 8736-2014 [15,16,18] относятся к классу очень мелких и тонких песков. Данные месторождения песков в настоящее время практически не используются в связи с отсутствием экспериментальных данных по исследованию их составов и свойств и относятся к некондиционным природным ресурсам. Есть, конечно, отдельные работы, посвященные разработке технологии применения данного сырья в строительных растворах [15,16], однако для повышения эффективности их использования в технологии бетона необходимы практические рекомендации, нормативные документы и т. д. Поскольку, как правило, мелкие пески с высокой удельной поверхностью их зерен требуют повышенного расхода вяжущего, что влияет на себестоимость продукции. Однако при комплексном подходе с использованием передовых технологий по гомогенизации многокомпонентной системы и введении эффективных добавок возможно предложить оптимальные рецептуры на основе данного некондиционного сырья в виде очень мелких и тонких песков.

Таким образом, в республике располагаются большие запасы природного и техногенного сырья, пригодные при рациональных подходах для использования в технологии современных композиционных материалов.

Вопросам использования бетонного лома и золошлаковых смесей Чеченской Республики в технологии мелкозернистых и обычных бетонов посвящены ряд научных публикаций [2,5,7,13]. Так, авторы работ [15,16] предлагают рецептуры бетонных композитов с наполнителем из золошлаковых смесей и некондиционного сырья Чеченской Республики, характеризующиеся улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Другие ученые [13, 20-22] разработали эффективные составы и технологии бетонов с использованием техногенного сырья для ремонтно-строительных работ.

Труды Хадисова В.Х., Хаджиева М.Р. [13] имеют научно-практический задел с тематикой вторичного использования продуктов дробления керамического кирпичного боя и производственного брака кирпича в техноло-

гии легких бетонов для мелкоштучных стеновых материалов. Однако применение данного вторичного сырья из кирпичного боя в строительных штукатурных растворах практически не исследовано и представляет собой особый интерес с точки зрения улучшения теплофизических показателей отделочного материала ввиду идентичной природы происхождения данного сырья с керамическим кирпичом.

В связи с этим в Научно-техническом центре коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» Грозненского государственного нефтяного

технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова нами изучено влияние вида применяемого заполнителя на основные показатели строительных штукатурных смесей.

В экспериментальных исследованиях нами использовались, как правило, местные сырьевые материалы, а именно: портландцемент марки М500 Д0 «Чеченцемент» (табл. 1), песок Червленского месторождения (табл. 2), песок из кирпичного боя (табл. 3).

Песок из кирпичного боя, имея значительно меньшую плотность в сравнении с Червленским песком, будет способствовать снижению

Таблица 1 – Основные характеристики ПЦ М500 Д0 «Чеченцемент»

Наименование показателя	Значение показателя									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	SO ₃	TiO ₂	ппп	Na ₂ O	K ₂ O
Химический состав цемента, %	19,96	5,43	4,11	1,98	64,19	2,15	0,052	1,64	0,19	0,35
Минералогический состав, %	C ₃ S			C ₂ S		C ₃ A		C ₄ AF		
	59			16		8		13		
Удель. поверх., м ² /кг	331									
Норма-я густота, %	26									
Плотность, кг/м ³	3151									
Сроки схватывания, час. – мин.	Начало					Конец				
	2-20					3-45				
Активность, МПа, 28 сут,	При сжатии					При изгибе				
	52,9					6,3				
Завод-изготовитель	ФГУП «Чири-Юртовский цементный завод», Чеченская Республика									

Таблица 2 – Основные характеристики песка Червленского месторождения

Наименование показателя		Значение показателя					
Зерновой состав песка	Размер сит, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	< 0,16
	Частные остатки, %	1,8	4,2	15,6	41,9	34,4	2,1
	Полные остатки, %	1,8	6,0	21,6	63,5	97,9	
Модуль крупности		1,9					
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %		2,39					
Истинная плотность зерен, кг/м ³		2631					
Насыпная плотность, кг/м ³		1572					
Пустотность песка, %		41,2					

Таблица 3 – Основные характеристики песка из кирпичного боя

Наименование показателя		Значение показателя					
Зерновой состав песка	Размер сит, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	< 0,16
	Частные остатки, %	17,5	10,4	18,3	31,4	10,8	11,6
	Полные остатки, %	17,5	27,9	46,2	77,6	88,4	100
Модуль крупности		2,6					
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %		0,43					
Содержание глины в комках, %		Нет					
Прочность песка при сдавливании в цилиндре, МПа (кгс/см ²)		11,2 (112)					
Истинная плотность зерен, кг/м ³		2562					
Насыпная плотность, кг/м ³		1167					
Водопоглощение, % по массе		13,3					
Пористость, %		17,2					
Пустотность песка, %		34,7					

Таблица 4 – Составы и свойства строительных растворов

Номер состава	Соотношение Червленский песок: песок из кирпичного боя, %	В/Ц	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Теплопроводность, Вт/(м·°С)
1	100/0	0,58	1924	12,2	0,87
2	75/25	0,62	1903	11,8	0,82
3	50/50	0,82	1886	12,0	0,68
4	25/75	0,93	1868	10,8	0,55
5	0/100	1,12	1833	10,5	0,39

теплопроводности строительного раствора на его основе. Контрольные составы штукатурных смесей были получены из состава 1:3. В экспериментальных составах часть Червленского песка поэтапно замещалась вторичным песком из кирпичного боя (табл. 4).

Условное обозначение растворной смеси по ГОСТ 28013-98 – строительная цементно-песчаная растворная смесь, штукатурная, В7,5 (М100). Требуемая прочность для класса В7,5 – не менее 9,8 МПа.

Анализ результатов испытаний контрольных и экспериментальных составов строительных растворов представлен на рис. 1 и 2.

Анализ таблицы 4 и рисунков 1 и 2 показывает, что плотность и теплопроводность исследуемых равнопрочных составов строительных растворов снижаются с переходом на мелкий вторичный заполнитель из кирпичного боя. Это объясняется тем, что сам вторичный заполнитель из кирпичного боя характеризуется более низкой плотностью в сравнении с плотным Червленским песком, а само сырье, из которого образован данный вторичный заполнитель, т.е. кирпичный бой, также имеет заметно низкую теплопроводность в сравнении с тяжелым бетоном.

Однако наряду с положительными изменениями отмеченных характеристик строитель-



Рис. 1. – Зависимость плотности от вида и количества применяемого заполнителя

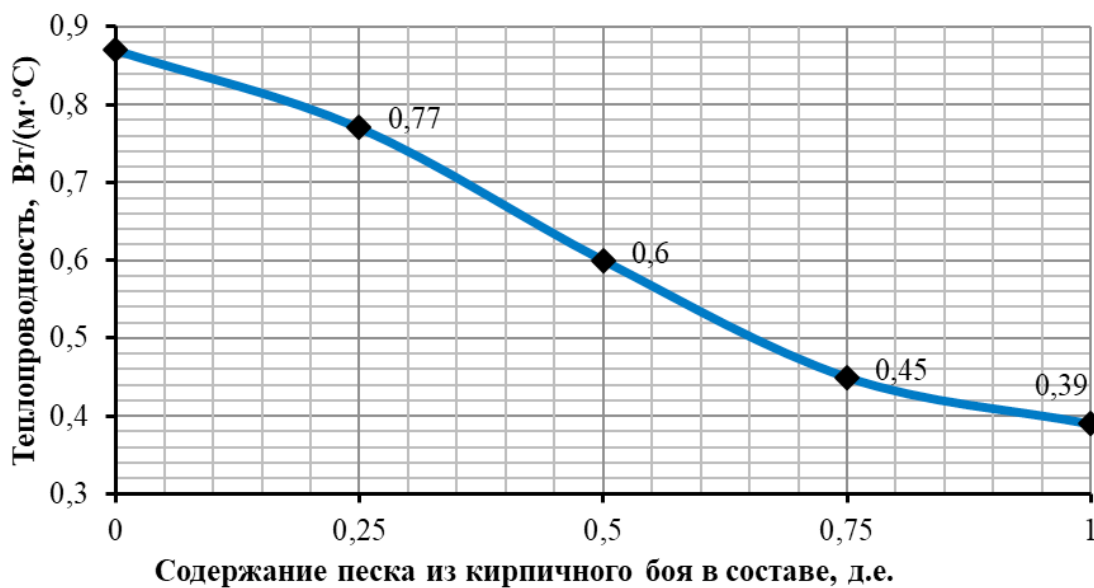


Рис. 2. – Зависимость теплопроводности от вида и количества применяемого заполнителя

ного раствора на основе песка из кирпичного боя наблюдается заметное повышение В/Ц (с 0,58 до 1,12), что обусловлено особенностью структуры вторичного заполнителя из кирпичного боя, характеризующегося повышенной водопотребностью (около 12% по массе). Заполнитель с таким водопоглощением своеобразно влияет на процессы перемешивания и структурообразования растворных смесей, который в первые 15-30 минут после пригото-

вления интенсивно поглощает воду затворения, делая смесь менее подвижной и удобоукладываемой, а затем в процессе образования капиллярно-пористой структуры растворного камня медленно отдает поглощенную влагу гидратирующему цементу. Это, с одной стороны, положительно влияет на качество цементного камня, образуя однородную структуру раствора без больших пор и капилляров, а с другой стороны, такая особенность влечет за собой

необходимость увеличения жидкой фазы в растворной смеси, что способствует снижению прочности будущего композита. Этим объясняется и необходимость увеличения доли вяжущего до 20-25% в составах на песке из кирпичного боя в сравнении с контрольным составом с расходом цемента 400 кг на 1 м³.

Снизить водоцементное соотношение В/Ц с заметной экономией самой дорогостоящей части раствора – цемента, по мнению авторов, можно будет путем использования современных модификаторов структуры бетона, суперпластификаторов-водопонизителей и других специальных добавок. Подобные исследования станут предметом дальнейших исследований авторов и станут основой для повышения эффективности вторичного ис-

пользования керамического кирпичного боя и других отходов строительства и сноса зданий и сооружений.

Таким образом, предложены составы строительного раствора с улучшенными тепло-техническими свойствами, пригодные для их использования в отделочных работах как для внутренней отделки помещений, так и для наружной, как более эффективные и ресурсосберегающие композиты в сравнении с составами на природном сырье. Получены зависимости плотности и теплопроводности от вида и количества вторичного заполнителя из кирпичного боя. Обозначены особенности структуры вторичного заполнителя из кирпичного боя и влияния его на процессы структурообразования цементного камня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология бетона, строительных изделий и конструкций / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин и др. / М.: Изд-во АСВ, 2008. 350 с.
2. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю. М. Баженов, Д. К-С. Батаев., Х. Н. Мажиев и др. // Научное издание. Грозный: ИП «Султанбегова Х. С.», 2011. 342 с.
3. Лермит Р. Проблемы технологии бетона. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 296 с.
4. Баженов Ю. М., Фаликман В. Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Строй-Инфо. 2007. № 1-2. С. 289-290.
5. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье / Д. К-С. Батаев, М. С. Сайдумов, Т. С-А. Муртазаева и др. // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова», 12-13 октября 2017 г. Грозный: Бисултанова П. Ш., 2017. С. 109-117.
6. Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin / A.A. Kuprina, V.S. Lesovik, L.H. Zagorodnyk, M. Y. Elistratkin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. Issue 11. Pp. 816-819.
7. Лесовик В. С., Муртазаев С-А. Ю., Сайдумов М. С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород. Грозный: МУП «Типография», 2012. 192 с.
8. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительные материалы из отходов промышленности: Учебно-справочное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 368 с.
9. Афонина М. И., Козырева Е. В. Особенности строительства спортивных сооружений на территориях бывших промышленных зон // Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2017. С. 390-392.
10. The control of building composite structure for mation throught heuse of multifunctional modifiers/ A.A. Volodchenko, V. S., Lesovik, L.H. Zagorodnjuk, A.N. Volodchenko, K.A. Aleksandrova // Research Journal of Applied Sciences. 2016. 10 (12). С. 931-936.
11. Использование отходов разработки вулканического туфа для получения современных бетонных композитов / М. Ш. Саламанова, С-А. Ю. Муртазаев, С. А. Алиев и др. // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. №4. С. 32-35.

12. Разработка состава пуццоланового цемента на вулканическом туфе / *Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, А.К. Халюшев и др.* // Строительство. Архитектура. Экономика. Материалы Международного форума «Победный май 1945 года»: сборник статей. Министерство образования и науки Российской Федерации, Донской государственный технический университет, Профсоюз работников народного образования и науки Российской Федерации. 2018. С. 110-113.
13. *Муртазаев С-А. Ю., Хадисов В. Х., Хаджиев М. Р.* Использование керамического кирпичного боя и производственного брака кирпича для получения легких керамобетонов // Экология и промышленность России. 2014. № 10. С. 22-25.
14. *Баженов Ю. М.* Технология бетона. М.: АСВ, 2011. 500 с.
15. Бетонные композиты с использованием некондиционного сырья для условий сухого жаркого климата / *С.А. Алиев, И.Г. Гайрабеков, М.Р. Хаджиев и др.* // Инновационные технологии в производстве, науке и образовании: сб. науч. тр. II Междунар. науч.-прак. конф., 19-21 октября 2012 г. Грозный, 2012. Т. 2. С. 231-235.
16. *Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М. Ш.* Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 1 (23). С. 23-28.
17. *Удодов С. А.* Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // Сборник научных трудов Кубанского государственного технологического университета. 2015. №9. С. 175-185.
18. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas / *M. Sh. Mintsayev, D. K.-S. Bataev, K. Kh. Mazhiev, Adam Kh. Mazhiev, A. Kh. Mazhieva, Aslan Kh. Mazhiev, M. Kh. Mazhiev* // Advances in Engineering Research. Volume 177, International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). Pp. 311-315.
19. *Корянова Ю. И., Резанцев Н. Е., Шумилова А. С.* Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий – от традиций к новшествам // Аллея науки. 2018. Т. 6. № 4 (20). С. 95-99.
20. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components / *S.A. Yu. Murtazaev, M. Sh. Salamanova* // Ibausil conference proceedings. 2018. С. 707-714.
21. Self-Consolidating Concretes with Materials of the Chechen Republic and Neighboring Regions / *Madina Salamanova, Magomed Khubaev, Magomed Saidumov, Tamara Murtazayeva* // International journal of environmental & science education. 2017. Vol. 11. № 18. Pp. 12719-12724.
22. The influence of active surface centers on reactivity of mineral additives / *S.A. Y. Murtazaev, M. Sh. Salamanova, M. S. Saidumov, Z. Kh. Ismailova* // Современная наука и инновации. 2017. № 2 (18). С. 146-153.

EFFECTIVE CEMENT PLASTER SOLUTIONS BASED ON SECONDARY FILLER FROM TECHNOGEN RAW MATERIALS

© Z. Kh. Ismailova, M. A. Khamidov, M. M. Movsulov
GSTOU named after M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

The work is devoted to the actual problem of increasing the efficiency of utilization of industrial waste with the production of secondary raw materials for concrete and mortar. The results of tests of secondary aggregate (sand) from ceramic brick fights and building plaster solutions based on it are presented. Experimental dependences of the basic properties of building plaster mixtures on the type and amount of secondary aggregate from technogenic raw materials in their compositions were obtained. The prospect of continuing experimental work in this area using modern chemical modifiers of the cement stone structure to improve the efficiency of using secondary raw materials of technogenic origin is indicated.

The work was performed as part of research on the implementation of the research project No. 18-48-200001 "High-quality concretes with enhanced performance properties based on local natural and technogenic raw materials" received support from the Russian Foundation for Basic Research (RFBR).

Keywords: Construction solutions, secondary materials, industrial wastes, brick fights, waste disposal, sand from brick fights, density, thermal conductivity, efficiency.

REFERENCES

1. Bazhenov, Yu. M., Alimov, L. A. and Voronin, V. V. (2008) 'Tekhnologiya betona, stroitel'nykh izdelii i konstruksii' [Technology of concrete, building products and structures]. Moscow. Publ. house ASV. 350 p.
2. Bazhenov, Yu. M., Bataev, D. K-S. and Mazhiev, Kh. N. (2011) 'Melkozernistye betony iz vtorichnogo syr'ya dlya remonta i vosstanovleniya povrezhdennykh zdaniy i sooruzhenii' // Nauchnoe izdanie. IP «SultanbegovaKh. S.». [Fine-grained concrete from recycled materials for the repair and restoration of damaged buildings and structures. Scientific edition. IE «Sultanbegova Kh. S.».]. Grozny. 342 p.
3. Lermitt, R. (2007) Problemy tekhnologii betona [Concrete technology problems.]. Moscow. Publishing house LKI. 296 p.
4. Bataev, D. K-S., Saidumov, M. S., Murtazaeva, T. S-A. (2017) 'Retseptury vysokoprochnykh betonov na tekhnogennom i prirodnom syr'e' *Aktual'nye problem sovremennoi stroitel'noi nauki i obrazovaniya: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 60-letiyu stroitel'nogo fakul'teta FGBOU VO «GGNTU im. akad. M. D. Millionshchikova», 12-13 oktyabrya 2017 g.* [Formulations of high-strength concrete on technogenic and natural raw materials. Actual problems of modern building science and education: materials of the All-Russian scientific-practical conference dedicated to the 60th anniversary of the construction faculty of FSBEI HE "GSTOU named after Acad. M. D. Millionschikov", October 12-13, 2017). Bisultanova P. h. Grozny. Pp. 109-117.
5. Kuprina, A. A., Lesovik, V. S., Zagorodnyk, L. H. and Elistratkin, M. Y. (2014) 'Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin' *Research Journal of Applied Sciences*. Vol. 9. Issue 11. Pp. 816-819.
6. Lesovik, B. C., Murtazaev, S-A. Yu., Saidumov, M. S. (2012) 'Stroitel'nye kompozity na osnove otsevv drobleniya betonogo loma i gornykh porod' [Construction composites based on screenings for crushing concrete scrap and rocks]. Scientific edition. MUE «Tipografiya», Grozny. 192 p.
7. Dvorkin, L. I. and. Dvorkin, O. L. (2007) 'Stroitel'nye materialy iz otkhodov promyshlennosti' [Construction materials from industrial waste]. Studyguide. Feniks. Rostovon Don. 368 p.
8. Afonina, M. I. and. Kozyreva E. V. (2017) 'Osobennosti stroitel'stva sportivnykh sooruzhenii na territoriyakh byvshikh promyshlennykh zon' // *Dni studencheskoi nauki. Sbornik dokladov nauchno-tekhnicheskoi konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov institute stroitel'stva i arkhitektury*. [Features of the construction of sports facilities in the territories of former industrial zones. In proceedings: Days of student science. Collection of reports of a scientific and technical conference based on the results of research work by students of the Construction and Architecture Institute]. Pp. 390-392.
9. Volodchenko, A. A., Lesovik, V. S., Zagorodnjuk, L. H., Volodchenko, A. N. and Aleksandrova, K. A. (2016) 'The control of building composite structure formation through the use of

- multifunctional modifiers' *Research Journal of Applied Sciences*. №10 (12). Pp. 931-936.
10. Salamanova, M. Sh., Murtazaev, S-A. Yu. and Aliev S.A. (2017) 'Ispol'zovanie otkhodov razrabotki vulkanicheskogo tufa dlya polucheniya sovremennykh betonnykh kompozitov' *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. V. 21. №4. Pp. 32-35.
 11. Shcherban, E. M., Stelmakh, S. A. and Khalyushev A.K. (2018) 'Razrabotka sostava putstsolanovogo tsementa na vulkanicheskom tufe // *Stroitel'stvo. Arkhitektura. Ekonomika. Materialy Mezhdunarodnogo foruma "Pobednyi mai 1945 goda": sbornik statei. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiiskoi Federatsii, Donskoi gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, Profsoyuz rabotnikov narodnogo obrazovaniya i nauki Rossiiskoi Federatsii*. [Development of the composition of pozzolanic cement on volcanic tuff. In proceedings: Construction. Architecture. Economy. Materials of the International Forum "Victory May 1945": a collection of articles. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Don State Technical University, Trade Union of Workers in Public Education and Science of the Russian Federation]. Pp. 110-113.
 12. Murtazaev, S-A. Yu., Khadisov, V. Kh. and Khadzhiev M. R. (2014) 'Ispolzovanie keramicheskogo kirpichnogo boya i proizvodstvennogo braka kirpicha dlya polucheniya legkikh keramobetonov' // *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. №10. Pp. 22-25.
 13. Bazhenov, Yu. M. (2011) *Tekhnologiya betona [Concrete technology]*. Moscow. ASV. 500 p.
 14. Aliev, S. A., Gairabekov, I. G. and Khadzhiev M. R. (2012) 'Betonnnye kompozity s ispolzovaniem nekonditsionnogo syr'ya dlya uslovii sukhogo zharkogo klimata' *Innovatsionnye tekhnologii v proizvodstve, nauke i obrazovanii: sb. nauch. tr. II Mezhdunar. nauch.-prak. konf., 19-21 oktyabr' 2012 g.* [Concrete composites on using substandard raw materials for dry hot climate. Innovative technologies in production, science and education: Proceedings of the II International scientific-practical Conf., October 19-21, 2012]. Grozny. V. 2. Pp. 231-235.
 15. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispolzovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' [High-strength concrete using fractionated aggregates from rock waste]. *Ustoichivoe razvitie gornykh territorii // Journal "Sustainable Development of Mountain Territories"*. №1 (23). Pp. 23-28.
 16. Udodov, S. A. (2015) 'Povtornoe vvedenie plastifikatora kak instrument upravleniya podvizhnost'yu betonnoi smesi' [Re-introduction of plasticizer as a tool for controlling the mobility of concrete]. *Sbornik nauchnykh trudov Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. №9. Pp. 175-185.
 17. Mintsae, M. Sh., Bataev, D. K.-S., Mazhiev, K. Kh., Mazhiev, Adam Kh., Mazhieva, A. Kh., Mazhiev, Aslan Kh. and Mazhiev M. Kh. (2018) 'Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas'. *International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018) Advances in Engineering Research*. V. 177. Pp. 311-315.
 18. Koryanova, Yu. I., Rezantsev, N. E. and Shumilova, A. S. (2018) 'Materialy i konstruksii, ispol'zuemye pri stroitel'stve vysotnykh zdaniy – ot traditsii k novshestvam' [Materials and structures used in the construction of high-rise buildings – from tradition to innovation]. *Alleyanauki*. V. 6. №4 (20). Pp. 95-99.
 19. Murtazaev, S.A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2018) 'Materialy i konstruksii, ispolzuemye pri stroitel'stve vysotnykh zdaniy – ot traditsii k novshestvam' [Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components] *Ibausil conference proceedings*. Pp. 707-714.
 20. Salamanova, Madina, Khubae, Magomed, Saidumov, Magomed, Murtazayeva, Tamara (2017) 'Self-Consolidating Concretes with Materials of the Chechen Republic and Neighboring Regions' *International journal of environmental & science education*. Vol. 11. №18. Pp. 12719-12724.
 21. Murtazaev, S.A. Y., Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S. and Ismailova, Z. Kh. (2017) 'The influence of active surface centers on reactivity of mineral additives' // *Sovremennaya nauka i innovatsii*. №2 (18). Pp. 146-153.

СОСТАВЫ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ГРАВИЙНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

© С.-А. Ю. Муртазаев, М. С. Сайдумов, А. Х. Аласханов

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

В работе представлены результаты исследования составов и свойств песчано-гравийных смесей (ПГС) месторождений Чеченской Республики и бетонов на их основе. В частности, изучены гранулометрический и химический составы и физико-механические свойства ПГС. Произведен анализ научной литературы и опыта применения ПГС в строительстве. Представлены ведущие научные школы страны и зарубежья в области бетоноведения. Изучены реологические показатели бетонных смесей и получена динамика набора прочности бетонов разных классов на основе необогащенных ПГС в присутствии химической добавки – суперпластификатора «Полипласт СП-1». Предлагается в бетонах для ответственных конструкций использовать ПГС в естественном его виде без дополнительных затрат на обогащение ее состава. Установлена целесообразность получения бетонов невысоких классов с использованием ПГС без ее обогащения и фракционирования.

Работа выполнена в рамках исследований по реализации научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).

Ключевые слова: местное сырье, песчано-гравийная смесь, бетонные смеси, бетоны, заполнитель из ПГС, суперпластификатор «Полипласт СП-1», реологические и физико-механические свойства, динамика набора прочности бетона.

Использование местного сырья в технологии строительных материалов безусловно является актуальной задачей строительного материаловедения как один из факторов, существенно снижающих себестоимость готовой продукции и повышающих эффективность внедрения новых инновационных технологий по его использованию [1-3].

Определённое сбалансированное процентное содержание песка и гравия в песчано-гравийных смесях (ПГС) делает такой материал особенным. Именно от этого показателя зависит ее цена и область, в которой она будет использоваться. В зависимости от процентного содержания гравийной части ПГС делится на группы: первая группа с содержанием гравия от 15 до 25 процентов, вторая группа – от 25 до 35 процентов, третья группа – от 35 до 50 процентов, четвертая группа – от 50 до 65 процентов и пятая группа – от 65 до 75 процентов [4-6].

При рациональном использовании местных песчано-гравийных смесей, имеющихся в Чеченской Республике (ЧР), может быть существенно расширена сырьевая база для строительного производства, в первую очередь для производства бетона и железобетона.

Литературный анализ проведенных исследований в данном направлении и опыт производства бетона и строительного раствора в строительстве свидетельствуют о недостаточной изученности составов и свойств бетонов на основе валунно-песчано-гравийных смесей (ВПГС) месторождений ЧР [7,8].

Научные работы таких известных ученых в области бетоноведения, как Ю. М. Баженов [4], С.-А. Ю. Муртазаев [2], В. С. Демьянова, В. С. Лесовик [6], В. И. Калашников, В. Г. Батраков, Д. К.-С. Батаев [5], Ш. Т. Бабаев, Н. Н. Долгополов, И. Н. Ахвердов, R. Hardtl, U. Wiens и др., показывают

актуальность направления разработки и внедрения составов тяжелых бетонов на основе ВПГС в современном строительстве, в том числе и монолитном. Однако отсутствие полноценных практических рекомендаций по приготовлению и использованию таких бетонов, малоизученности свойств и составов валунно-песчано-гравийных смесей, а также отсутствие экспериментальных данных по срокам службы и долговечности таких бетонов – ограничивают широкое при-

менение таких бетонов для монолитного строительства [9-14].

Следовательно, повышение эффективности получения бетонных смесей и бетона на заполнителях из ВПГС месторождений ЧР, в частности с русла реки Ахк Веденского района ЧР, является актуальной задачей.

ВПГС с русла реки Ахк Веденского района ЧР добывают открытым способом с применением экскаваторов в местах, где имеются пересохшие речные русла (рис. 1).



Рис. 1. – Открытая разработка месторождения песчано-гравийной смеси в Веденском районе ЧР

Таблица 1 – Результаты отсева ВПГС на ситах 5-40 мм

Наименование сырья	Содержание зерен фракций в ВПГС, % по массе				
	0-5 мм	5-10 мм	10-20 мм	20-40 мм	> 40 мм
Валунно-песчано-гравийная смесь (ВПГС) с русла реки Ахк ЧР	35	10	23	27	5

Таблица 2 – Качественные показатели добавки «Полипласт СП-1»

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Агрегатное состояние	Водорастворимый порошок
2	Цвет	Коричневый
3	РН-показатель, ед., не менее	7-9
4	Содержание Cl^- , % не более	0,1
5	Массовая доля сухих веществ, % не менее	98
6	Дозировка, % от массы цемента	0,4-0,8

По результатам отсева ВПГС с русла реки Ахк Веденского района ЧР на наборе сит с размерами ячеек от 5 мм до 40 мм установлено следующее соотношение крупной и мелкой фракций (табл. 1).

Полные и частные остатки на ситах песчаной и гравийной фракций представлены ниже в таблицах 4 и 6.

В качестве вяжущего в экспериментальных исследованиях применялся портландцемент (ПЦ) марки М500 Д0 Чири-Юртовского цементного завода, широко применяемый в Чеченской Республике.

В качестве химической добавки в соответствии с ГОСТ 24211 «Добавки для бетонов.

Общие технические требования» был использован суперпластификатор «Полипласт СП-1», соответствующий ТУ 5870-005-58042865-05 (табл. 2).

Полезная толща месторождения состоит из валунов, галечно-гравийной и песчаной фракций. Гравийная фракция преобладает над валунной и песчаной.

Содержание слабых и выветренных зерен 2,75%. Песчаная фракция представлена среднезернистым песком с модулем крупности от 2,5 до 3,0 и полным остатком на сите 0,63 мм – 47,4%. Минералогическая песчаная фракция представлена в основном зернами кварца 30%, карбонатов 5%, полевого шпата 33%, облом-

Таблица 3 – Физико-механические характеристики ВПГС Веденского месторождения

№ п/п	Показатели	Значения
1.	Средняя плотность в целике, кг/м ³	2623
2.	Коэффициент разрыхления	1,33
3.	Насыпная плотность, кг/м ³	1971
4.	Категория пород трудности разработки экскаваторами	III

Таблица 4 – Гранулометрический состав гравийной фракции ПГС Веденского месторождения

Наименование показателя		Значение показателя	
Фракции гравия, мм	Размер сит, мм	Остатки на ситах, % по массе	
		частные	полные
20-40	70	0,0	0,0
	40	14,5	14,5
	30	8,3	22,8
	22,5	11,2	34,0
	20	9,8	43,8
10-20	17,5	6,2	50,0
	15	9,5	59,5
	12,5	7,9	67,4
	10	8,6	76,0
5-10	7,5	14,2	90,2
	5	9,8	100

Таблица 5 – Прочностные показатели гравия ВПГС
Веденского месторождения

Показатели	Фракции гравия, мм		
	5-20	10-20	5-10
Потеря при испытании, % по массе			
а) в водонасыщенном состоянии			
- колебания	8,15-10,01	7,66-9,93	8,15-10,60
- средние значения	9,22	8,95	9,54
б) в воздушно-сухом состоянии (средние значения) %	6,66	7,08	6,22
Увеличение потерь, %	28	21	35
Марка дробимости	800		
Марка по истираемости	ИЗ		
Марка по морозостойкости	F100		

Таблица 6 – Характеристика песчаной фракции ПГС
Веденского месторождения

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя		
		Остатки на ситах, % по массе		
	Зерновой состав:	Размер сит, мм	частные	полные
		5,0	0,0	0,0
		2,5	22,7	22,7
		1,25	9,2	31,9
		0,63	15,5	47,4
		0,314	18,7	66,1
		0,16	21,4	87,5
		< 0,16	12,5	100,0
		Модуль крупности M_k	2,6	
	Группа песка по крупности зерен	Крупный песок		
	Класс песка	Песок II класса		
	Форма зерен	Окатанная		
	Содержание пылевидных, глинистых и илистых (ПГИ), %	5,4		
	Содержание глины в комках, %	1,3		
	Истинная плотность, кг/м ³	2733		
	Насыпная плотность, кг/м ³	1383		
	Пустотность, %	49,2		
	Содержание органических примесей (окраска)	Бесцвет.		
	Класс по радиоактивности	1		

ков пород 25%. В толще песчано-гравийной смеси встречаются линзы и прослой конгломератов, цементированных карбонатным цементом мощностью 10-40 см.

Веденское месторождение ПГС характеризуется следующими физико-механическими свойствами (табл. 3).

По результатам отсева ВПГС с русла реки Ахк Веденского района ЧР на наборе сит с размерами ячеек от 5 мм до 40 мм установлено следующее соотношение крупной и мелкой фракций (см. табл. 1): песок – 35%, гравий – 60%, валуны – 5%.

Гравийная фракция преобладает над валунной и песчаной, составляя более половины ВПГС.

Максимальные размеры единичных валунов – 20-30 см; однако они встречаются крайне редко. Об этом свидетельствуют результаты полевого отсева материала. Содержание фракции крупнее 150 мм составляет в среднем 2,8%, крупнее 200 мм – до 0,5%.

Валуны и гравий хорошо окатаны, чаще всего они имеют округлые, шарообразные и близкие к ним, а реже лепешковидные формы. Гравий мелких фракций отчасти сохраняет первоначальные очертания обломков (сглажены углы) в соответствии обломков осадочных пород. Содержание зерен пластинчатой и игловатой форм невелико и составляет не более 20% по массе.

Поверхность гравия и валунов, сложенных эффузивами, кварцитами и кварцем, как правило, гладкая, а состоящих из других пород – гораздо более шероховатая.

Гранулометрический состав гравийной фракции из ПГС Веденского месторождения представлен в таблице 4.

Прочностные показатели гравия в сухом и водонасыщенном состояниях представлены в табл. 5.

Гранулометрический состав и основные характеристики песчаной фракции из ПГС Веденского месторождения приведены в таблице 6.

Для исследования реотехнологических, физико-механических и эксплуатационных свойств были приготовлены опытно-расчетным путем составы бетонов с использованием ПГС Веденского месторождения (табл. 7).

Сырье в виде ВПГС на первом этапе просеивалось через сито с размерами ячеек 40 мм, т. е. в бетонных смесях применялась ПГС фракций от 0 до 40 мм.

Помимо расчетных составов на основе ПГС в таблице также приведены для сравнения контрольные составы на основе местного сырья (щебня и песка Белгатоевского и Червленного месторождений соответственно).

В составах в качестве добавки используется суперпластификатор «Полипласт СП-1», дозируемый в количестве 1,0% от массы цемента.

Для удобства получения сравнительной оценки с контрольными составами исследуемые рецептуры были получены равноподвижные с маркой по удобоукладываемости ПЗ.

Плотность бетонной смеси на заполнителе из ПГС колебалась в диапазоне 2322-2394 кг/м³, что соответствует плотности тяжелых бетонов. При этом введение в бетонную смесь химической добавки «Полипласт СП-1» способствует значительному улучшению плотности смеси, способствуя более плотному сближению частиц заполнителя и получению плотной упаковки их зерен.

Добавка «Полипласт СП-1» также влияет на водоцементное соотношение (В/Ц) бетонных смесей, уменьшая его до 15-20%.

Анализ таблицы 7 свидетельствует, что динамика набора прочности бетона различных классов, полученных на основе ПГС Веденского месторождения, в сравнении с контрольными составами бетонов соответствует известным законам набора прочности бетона, набирая в возрасте 7 суток около 70-80% от проектной (28-суточной) прочности.

Изучено влияние химической добавки «Полипласт СП-1» (водоредуцирующий эффект) на физико-механические свойства бетона (рис. 2). Для этого были проведены сравнительные испытания двух составов на основе ПГС класса по прочности на сжатие В20 (М250): один состав с использованием добавки «Полипласт СП-1», другой – бездобавочный.

Как видно из рис. 2, использование химической добавки при прочих равных условиях способствует увеличению прочности бетона до 30%.

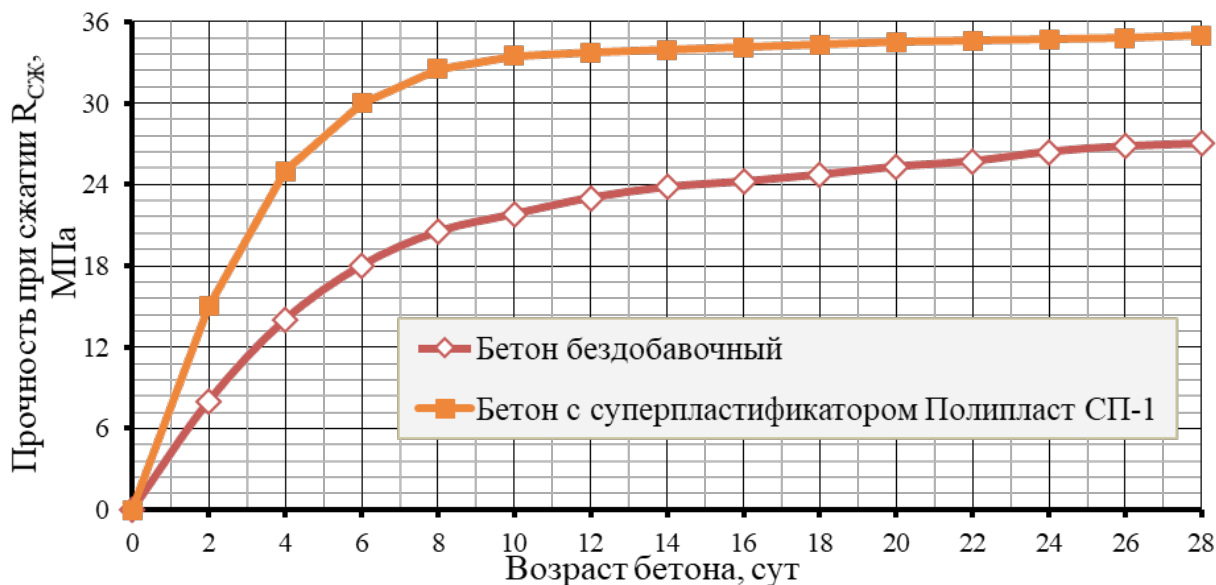


Рис. 2. – Водоредуцирующий эффект от использования химической добавки «Полипласт СП-1» в составах бетонных смесей на основе ПГС Веденского месторождения (на примере состава В20)

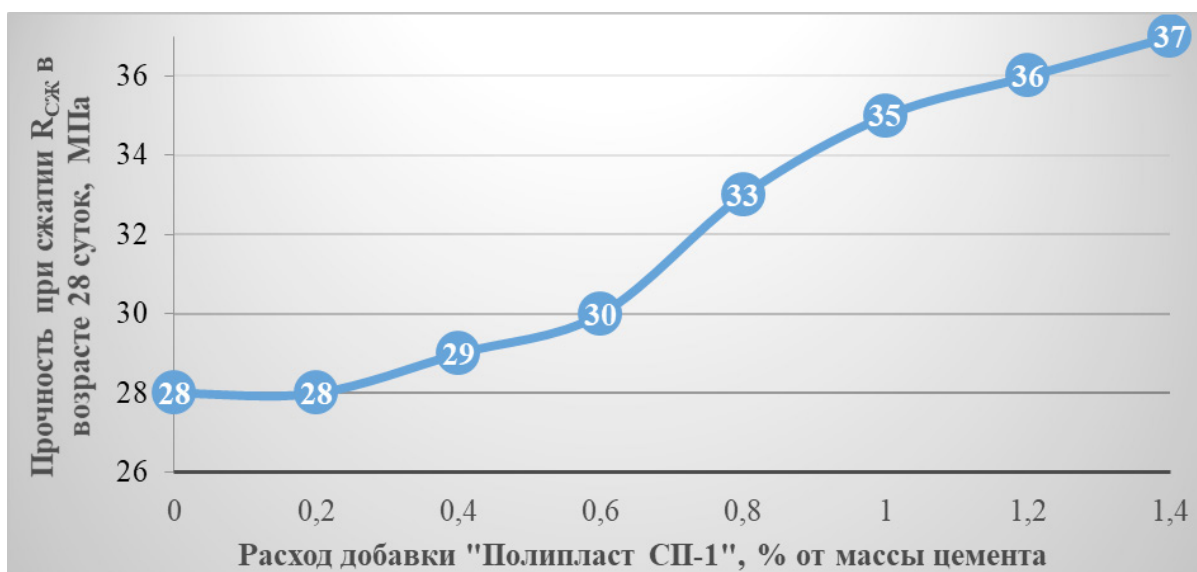


Рис. 3. – Зависимость прочности бетона на основе ПГС Веденского месторождения от расхода химической добавки «Полипласт СП-1» (на примере состава В20)

Зависимость прочности бетона на основе ПГС Веденского месторождения от расхода химической добавки «Полипласт СП-1» представлена на рисунке 3.

Оптимальным расходом добавки «Полипласт СП-1» установлено 1,0% от массы цемента, поскольку, как видно из рисунка 3, дальнейшее увеличение расхода добавки не приводит к существенному увеличению прочности бетона.

Также с использованием добавки «Полипласт СП-1» исследовались ее цементосберегающий (рис. 4) и пластифицирующий эффекты (рис. 5).

Использование химической добавки «Полипласт СП-1» при получении равнопрочных бетонов способствует экономии вяжущего на 20% и выше.

Введение химической добавки «Полипласт СП-1» в количестве 1,0% от массы це-

Таблица 7 – Составы и свойства бетонов на основе местного сырья из необогащенного ПГС Веденского месторождения

№ п/п	Наименование состава	Проектный класс (марка) бетона	Требуемая прочность бетона, МПа	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси, кг								Свойства бетонной смеси			Свойства бетона	
				Ц	ПГС	Щ	П	Д	В	В/Ц	ОК бет. смеси, см	Марка бет. смеси по ОК	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа	R _{сж} 7	R _{сж} 28
	Контрольный 1	В7,5 (М100)	9,8	210	-	1190	750	-	230	1,09	14	П3	2310	8,0	12,8	
	Расчетный 1.1			235	1965	-	-	240	1,07	13	2322		8,2	13,0		
	Расчетный 1.2			195	2080	-	-	2,0	0,92	11	2332		9,2	10,2		
	Контрольный 2	В12,5 (М150)	16,4	250	-	1200	730	-	235	0,94	13	П3	2345	13,3	17,6	
	Расчетный 2.1			287	1960	-	-	245	0,85	13	2342		12,3	17,1		
	Расчетный 2.2			243	2030	-	-	2,5	0,75	12	2348		14,8	18,2		
	Контрольный 3	В15 (М200)	19,7	300	-	1200	625	-	235	0,78	14	П3	2355	16,0	23,6	
	Расчетный 3.1			355	1910	-	-	238	0,67	12	2350		15,2	22,5		
	Расчетный 3.2			295	1980	-	-	3,0	0,63	10	2358		17,1	21,3		
	Контрольный 4	В20 (М250)	26,2	340	-	1250	530	-	230	0,68	13	П3	2366	18,5	28,7	
	Расчетный 4.1			414	1865	-	-	236	0,57	13	2365		18,0	27,5		
	Расчетный 4.2			350	1945	-	-	3,5	0,52	14	2372		20,8	26,8		
	Контрольный 5	В22,5 (М300)	29,5	375	-	1250	500	-	240	0,64	10	П3	2370	22,1	30,8	
	Расчетный 5.1			465	1825	-	-	243	0,52	14	2372		23,0	31,2		
	Расчетный 5.2			390	1915	-	-	4,0	0,47	13	2377		25,3	31,5		
	Контрольный 6	В25 (М350)	32,7	420	-	1250	450	-	243	0,58	14	П3	2380	23,4	33,9	
	Расчетный 6.1			550	1750	-	-	248	0,47	11	2375		24,2	34,9		
	Расчетный 6.2			465	1840	-	-	4,6	0,42	11	2378		27,4	34,5		
	Контрольный 7	В30 (М400)	39,3	460	-	1300	400	-	245	0,53	12	П3	2392	28,6	43,3	
	Расчетный 7.1			650	1660	-	-	252	0,41	13	2390		28,1	42,0		
	Расчетный 7.2			515	1805	-	-	5,2	0,39	11	2394		32,5	40,0		

Примечание: Ц – цемент марки М500 Д0 производства «Чеченцемент»; ПГС – необогащенная песчано-гравийная смесь Веденского месторождения фракции 0-40 мм; Щ – щебень Белоговского месторождения фракции 5-20 мм; П – песок Червленского месторождения с модулем крупности Мк = 1,7; Д – добавка химическая «Полипласт СП-1»; В – вода; В/Ц – водоцементное соотношение; ОК – осадка конуса.

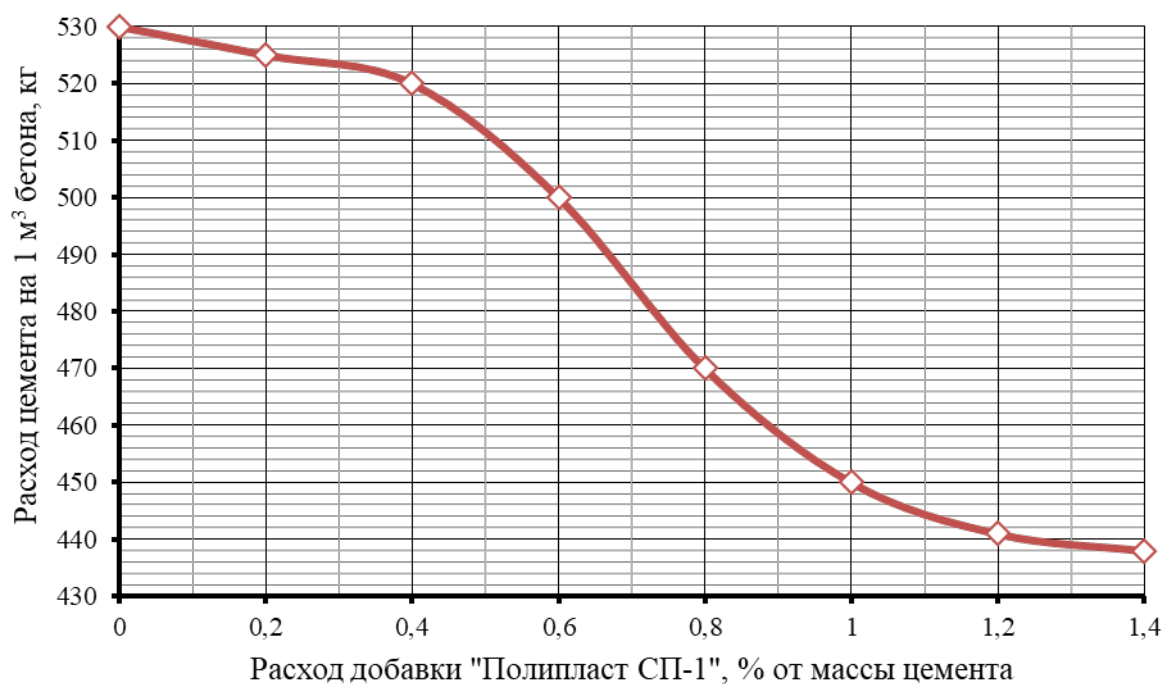


Рис. 4. – Цементосберегающий эффект от использования химической добавки «Полипласт СП-1» в составе бетона на основе ПГС Веденского месторождения (на примере состава В25)

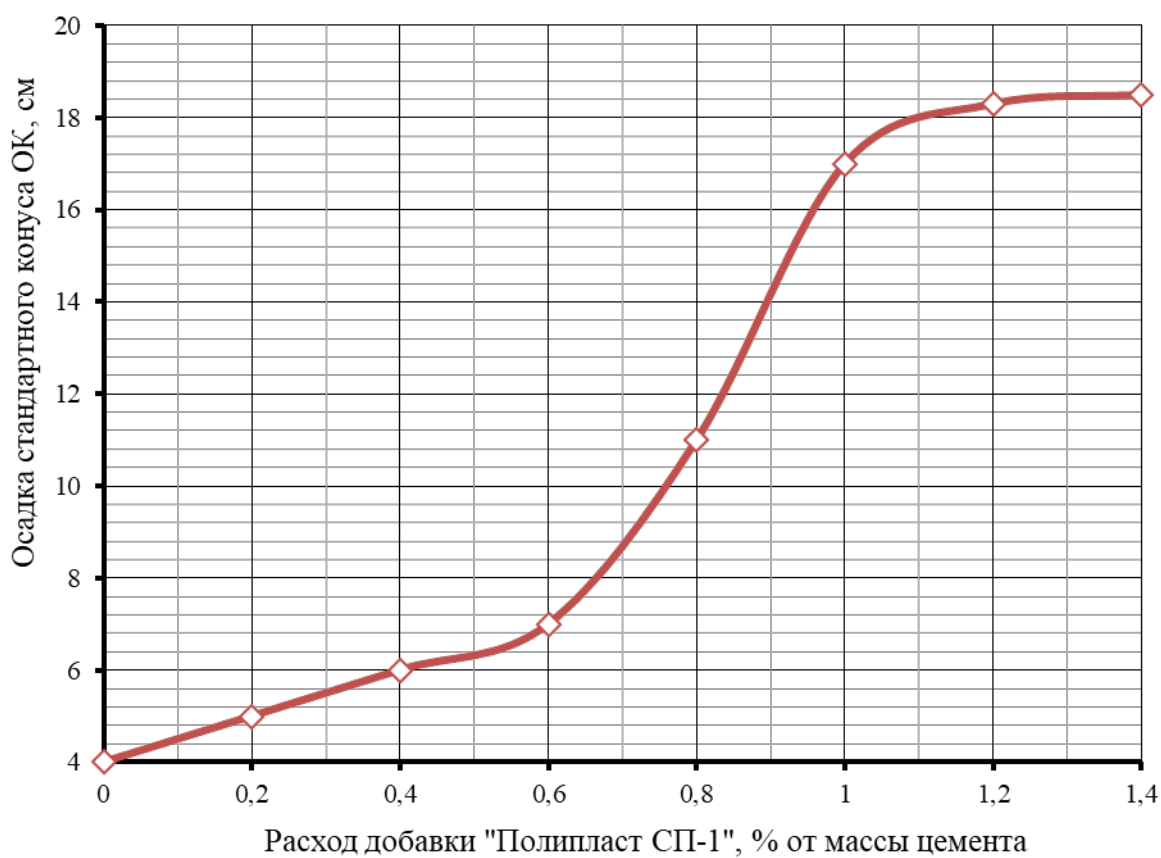


Рис. 5. – Пластифицирующий эффект от использования химической добавки «Полипласт СП-1» в составе бетона на основе ПГС Веденского месторождения (на примере состава В25)

Таблица 8 – Коэффициент расхода цемента в составах на основе ПГС в сравнении с бетонами контрольных составов

№ п/п	Наименование состава	Проектный класс (марка) бетона	Коэффициент расхода цемента
	Контрольный 1	В7,5 (М100)	1,00
	Расчетный 1.1		1,12
	Расчетный 1.2		0,93
	Контрольный 2	В12,5 (М150)	1,00
	Расчетный 2.1		1,15
	Расчетный 2.2		0,97
	Контрольный 3	В15 (М200)	1,00
	Расчетный 3.1		1,18
	Расчетный 3.2		0,98
	Контрольный 4	В20 (М250)	1,00
	Расчетный 4.1		1,22
	Расчетный 4.2		1,03
	Контрольный 5	В22,5 (М300)	1,00
	Расчетный 5.1		1,24
	Расчетный 5.2		1,04
	Контрольный 6	В25 (М350)	1,00
	Расчетный 6.1		1,31
	Расчетный 6.2		1,11
	Контрольный 7	В30 (М400)	1,00
	Расчетный 7.1		1,41
	Расчетный 7.2		1,12

мента в бетонную смесь на основе ПГС способствует увеличению марки подвижности с П1 (ОК = 1-5 см) до П5 (ОК = 22 ±2 см).

Однако, на фоне положительного эффекта от использования химической добавки «Полипласт СП-1», получение составов с применением ПГС связано с перерасходом вяжущего, причем перерасход цемента увеличивается с переходом на бетоны с большей прочностью (табл. 8 и рис. 6).

Как видно из таблиц 7 и 8 и рисунка 6, получение на небогатенных ПГС бетонов классов до В20 включительно экономически целесообразно в случае применения химической

добавки «Полипласт СП-1». Однако бетоны более высоких классов характеризуются перерасходом вяжущего в сравнении с контрольными составами на щебне, при этом тем больше перерасход цемента, чем выше класс бетона. Коэффициент перерасхода вяжущего в составах на небогатенных ПГС высоких классов больше единицы даже в тех составах, где применяется химическая добавка «Полипласт СП-1». Это объясняется тем, что по содержанию пылевидных, глинистых частиц (которые должны быть не более 3%) и глины в комках (норма не более 0,5%) песок из ВПГС Веденского месторождения не отвечает требованиям ГОСТ 8736. Для

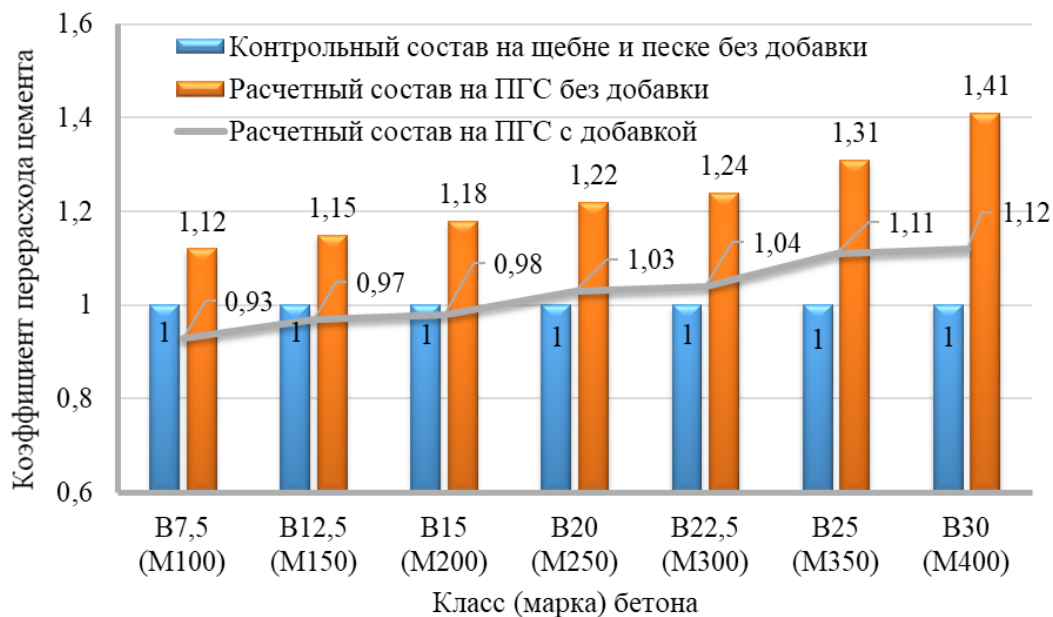


Рис. 6. – Зависимость коэффициента перерасхода цемента в составах на ПГС от класса бетона в сравнении с контрольными составами

использования ПГС в более высоких классах требуется их обогащение и фракционирование, в первую очередь промывка.

Таким образом, разработаны и исследованы составы и свойства бетонов на основе местного сырья из небогатенного ПГС Веденского месторождения. Доказана возможность использования ПГС в качестве заполнителей в бетонах (для неотчетственных конструкций) невысоких классов по прочности на сжатие.

Изучена динамика набора прочности бетона различных классов, полученных на основе ПГС Веденского месторождения, и дана их сравнительная оценка

Установлено, что применение химической добавки «Полипласт СП-1» способствует улучшению реологических и физико-механических свойств бетонных смесей и бетонов на основе заполнителей из ПГС месторождения Чеченской Республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития строительного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года. М.: Госстрой РФ, 2013. 145 с.
2. Мелкозернистые бетоны из техногенного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю. М. Баженов, С. А. Ю. Муртазаев, Д. К. С. Батаев и др. // Грозный, 2011. 342 с.
3. Зозуля П. В. Оптимизация гранулометрического состава и свойств заполнителей и наполнителей для сухих строительных смесей: сб. тезис. докл. III Междун. конф. BaltiMix. Санкт-Петербург, 2003. С. 12-13.
4. Технология бетона, строительных изделий и конструкций / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин и др. // М.: Изд-во АСВ, 2008. 350 с.
5. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье / Д. К. С. Батаев, М. С. Сайдумов, Т. С. А. Муртазаева и др. // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова», 12-13 октября 2017 г. Грозный: Бисултанова П. Ш., 2017. С. 109-117.

6. Kuprina A. A., Lesovik, V. S., Zagorodnyk L. H., Elistratkin M. Y. Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. Issue 11. Pp. 816-819.
7. «Зеленые бетоны» повышенной долговечности для монолитного строительства / А.Х. Аласханов, С.-А. Ю. Муртазаев, М. С. Сайдумов, С. А. Алиев // Теоретические основы создания эффективных композитов: Сборник материалов Российской онлайн-конференции, посвященной Дню науки. 2018. С. 37-44.
8. Лермит Р. Проблемы технологии бетона. М.: Издательство ЛКИ, 2007. 296 с.
9. Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М. Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. №1 (23). С. 23-28.
10. Удодов С. А. Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // Сборник научных трудов Кубанского государственного технологического университета. 2015. №9. С. 175-185.
11. Влияние некоторых характеристик применяемого крупного заполнителя на свойства тяжелого бетона, предназначенного для изготовления центрифугированных изделий и конструкций / С. А. Стельмах, Е. М. Щербань, К. В. Сердюков и др. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2017. №10. С. 15-20.
12. Корянова Ю. И., Резанцев Н. Е., Шумилова А. С. Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий – от традиций к новшествам // Аллея науки. 2018. Т. 6. №4 (20). С. 95-99.
13. Murtazaev S-A. Yu., Salamanova M. Sh. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // Ibausil conference proceedings. 2018. С. 707-714.
14. Баженов Ю. М., Фаликман В. Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии // Строй-Инфо. 2007. №1-2. С. 289-290.

COMPOSITIONS OF HEAVY CONCRETE BASED ON COMPLETE BASES FROM GRANDY SAND MIXTURES OF THE FIELDS OF THE CHECHEN REPUBLIC

© S-A. Yu. Murtazaev, M. S. Saidumov, A. Kh. Alaskhanov
GSTOU named after M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

The paper presents the results of a study of the composition and properties of sand and gravel mixtures of deposits of the Chechen Republic and concretes based on them. In particular, the granulometric and chemical compositions and the physicomaterial properties of sand and gravel mixtures have been studied. An analysis of the scientific literature and experience in the use of sand and gravel in construction. The leading scientific schools of the country and abroad in the field of concrete science are presented. The rheological indices of concrete mixes were studied and the dynamics of the curing of concrete of different classes were obtained on the basis of unfortified sand and gravel mixtures in the presence of a chemical additive, the superplasticizer Polyplast SP-1. It is proposed to use sand-gravel in its natural form in concrete for non-critical structures in its natural form without additional costs for enriching its composition. The feasibility of obtaining low-grade concrete with the use of sand and gravel mixtures without its enrichment and fractionation is established.

The work was performed as part of research on the implementation of the research project № 18-48-200001 “High-quality concretes with enhanced performance properties based on local natural and technogenic raw materials” received support from the Russian Foundation for Basic Research (RFBR).

Key words: Local raw materials, sand-gravel mix, concrete mixes, concrete, aggregate from sand-gravel mixes, Polyplast SP-1 superplasticizer, rheological and physicochemical properties, dynamics of concrete strength.

REFERENCES

1. Gosstroj, RF (2013) Strategiya razvitiya stroitel'nogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda. [The development strategy of the construction complex of the Russian Federation for the period until 2020.]. Moscow. 145 p.
2. Bazhenov, Yu. M., Murtazaev, S-A. Yu. and Bataev, D. K.-S. (2011) Melkozernistye betony iz tekhnogenogo syr'ya dlya remonta i vosstanovleniya povrezhdennykh zdaniy i sooruzhenii [Fine-grained concrete from technogenic raw materials for repair and restoration of damaged buildings and structures]. Grozny. 342 p.
3. Zozulja, P. V. (2003) Optimizacija granulometricheskogo sostava i svojstv zapolnitelej i napolnitelej dlja suhikh stroitel'nyh smesej: [Optimization of particle size distribution and properties of aggregates and fillers for dry building mixtures:] *Sb. tezis, dokl. III mezhdun. konf. BaltiMix*. [Collection of abstracts, rep. III int. conf. BaltiMix]. Saint Peterburg. Pp. 12-13.
4. Bazhenov, Ju. M., Alimov, L. A. and Voronin V. V. (2008) *Tehnologija betona, stroitel'nyh izdelij i konstrukcij* [Technology of concrete, building products and structures]. M.: Izd-vo ACB, 350 p.
5. Bataev, D. K-S, Sajdumov, M. S. and Murtazaeva, T. S-A. (2017) ‘Receptury vysokoprochnyh betonov na tehnogenom i prirodnom syr'e’ [Formulations of high-strength concrete on technogenic and natural raw materials]. *Aktual'nye problem sovremennoj stroitel'noj nauki i obrazovanija: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 60-letiju stroitel'nogo fakul'teta FGBOU VO «GGNTU im. akad. M. D. Millionshnikova», 12-13 oktjabrja 2017 g.* [Actual problems of modern building science and education: materials of the All-Russian scientific-practical conference dedicated to the 60th anniversary of the building faculty of FSBEI HE “GSTU named after Acad. M. D. Millionschikova”, October 12-13, 2017]. Grozny: Bisultanova P. Sh. Pp. 109-117.
6. Kuprina A.A., Lesovik, V. S., Zagorodnyk L. H. and Elistratkin M. Y. ‘Anisotropy of materials properties of natural and man-triggered origin’ // *Research Journal of Applied Sciences*. 2014. Vol. 9. -Issue 11. PP. 816-819.
7. Alaskhanov, A. Kh., Murtazaev, S.A. Yu., Saidumov M. S., Aliev S.A. and Saidumov, M. S. (2018) “Zelenye betony” povyshennoj dolgovechnosti dlja monolitnogo stroitel'stva // *Teoreticheskie osnovy sozdaniya jeffektivnyh kompozitov: Sbornik materialov Rossijskoj onlajn-konferencii, posvjashhennoj Dnju nauki*. [“Green Concrete” of increased durability for monolithic construction] [In proceedings: Theoretical foundations of creating effective composites. A collection of materials of the Russian online conference dedicated to the Day of Science]. Pp. 37-44.
8. Lermi R. (2007) Problemy tehnologii betona [Concrete Technology Issues]. M.: Izdatel'stvo LKI. 296p.
9. Murtazaev, S-A. Ju. and Salamanova M. Sh. (2015) ‘Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem frakcionirovannyh zapolnitelej iz othodov pererabotki gornyh porod’ [High-strength concrete using fractionated aggregates from rock waste]. *Ustojchivoe razvitie gornyh territorij // Journal “Sustainable Development of Mountain Territories”, № 1 (23)*. Pp. 23-28.
10. Udodov, S.A. (2015) ‘Povtornoe vvedenie plastifikatora kak instrument upravlenija podvizhnost'j u betonnoj smesi: *Sbornik nauchnyh trudov Kubanskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta* [Re-introduction of plasticizer as a tool for controlling the mobility of concrete]. *Collection of scientific papers of the Kuban State Technological University. № 9*. Pp. 175-185.

11. Stelmah, S. A., Sherban E.M. and Serdjukov K.V. (2017) ‘Vlijanie nekotoryh karakteristik primenjaemogo krupnogo zapolnitelja na svojstva tjazhelogo betona, prednaznachennogo dlja izgotovlenija centrifugirovannyh izdelij i konstrukcij [The influence of some characteristics of the coarse aggregate used on the properties of heavy concrete intended for the manufacture of centrifuged products and structures] // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. № 10. Pp. 15-20.
12. Korjanova, Ju. I., Rezancev N.E. and Shumilova A.S. (2018) ‘Materialy i konstrukcii, ispol’zuemye pri stroitel’stve vysotnyh zdanij – ot tradicij k novshestvam’ [Materials and structures used in the construction of high-rise buildings – from tradition to innovation] // *Allejanauki*. V. 6. №4 (20). Pp. 95-99.
13. Murtazaev S-A. Yu. and Salamanova M.Sh. (2018) Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // *Ibausil conference proceedings*. Pp. 707-714.
14. Bazhenov Ju. M. and Falikman V.R. (2007) ‘Novyjvek: novyejeffektivnye betony i tehnologii’ [New century: new efficient concrete and technology] // *Stroj-Info*. № 1-2. Pp. 289-290.

ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКОСТЕКОВЫХ СИЛИКАТНАТРИЕВЫХ ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ ИЗ КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК

© С.-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова
ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

В основу получения бетонных композитов на вяжущих щелочной активации положен отечественный и зарубежный опыт применения шлакощелочных композитов в строительстве. В данной работе проведен энергодисперсионный микроанализ исследуемых бесклинкерных композиций на основе щелочных силикат натриевых растворов из кремнеземсодержащих горных пород. Разработанные рецептуры бесклинкерных вяжущих на основе высокодисперсных порошков различной природы, затворенных щелочным раствором, приготовленным мокрым способом при температурах до 95°C и атмосферном давлении. Данная технология позволит расширить область применения щелочных цементов и получать бетоны с заданными свойствами.

Работа выполнена в рамках исследований по реализации научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).

Ключевые слова: жидкое стекло, метасиликат натрия, кремнеземсодержащие добавки, щелочные металлы, диспергирования, щелочной активатор, бесклинкерные вяжущие, высокодисперсные порошки.

Создание бесклинкерных вяжущих материалов, не требующих высокотемпературной обработки, но обладающих высокими техническими показателями, становится актуальным в настоящее время. К этой категории вяжущих можно отнести цементы щелочного затворения, в которых активной составляющей будут щелочные металлы, способные при гидратации взаимодействовать с минералами алюмосиликатной природы, образуя довольно прочные труднорастворимые соединения, идентичные продуктам гидратации традиционного вяжущего [1-6, 9].

Известен опыт использования таких вяжущих в строительстве [7,8], но если быть точнее, наиболее подробно исследованы шлакощелочные вяжущие на основе отходов черной металлургии, к которым относят доменные гранулированные шлаки, химический состав которых представлен оксидами алюминия, кремния и схож с составом портландцементного клинкера [9, 10]. Но во многих регионах нашей страны шлаки черной металлургии являются дорогим

и редким материалом, требующим огромных транспортных расходов, поэтому широкого внедрения известные разработки не получают. Но на протяжении нескольких лет нами проводятся исследования по получению бесклинкерных цементов щелочного затворения [12-15], в результате которых получены долговечные и коррозионностойкие композиты. В рецептурах вяжущих в замену доменных шлаков черной металлургии использовались высокодисперсные минеральные порошки различной природы из следующих пород: окремненный мергель, известняк, вулканический туф, песчаник, кварцевый песок, отходы цементной промышленности в виде аспирационной и клинкерной пыли электрофильтров. Все эти порошки по отдельности в заданных соотношениях смешивались с мелким заполнителем Алагирского месторождения (модуль крупности 2,8) и затворялись товарным жидким натриевым стеклом, с силикатным модулем 2,8 и плотностью 1,24 г/см³. Приготовленные образцы твердели первые сутки в нормальных условиях при тем-

Таблица 1 – Рецептуры и свойства бесклинкерных цемента щелочной активации

№ состава	Высокодисперсные порошки	Щелочной активатор, % Na_2SiO_3	Активность МПа, 28 сут.		
			условия твердения		
			естественное	40°C	в воде
1	Кварцевый порошок, $S_{\text{уд}} = 810 \text{ м}^2/\text{кг}$	26,0	20,3	22,3	23,5
2	Мергель (700°C), $S_{\text{уд}} = 1150 \text{ м}^2/\text{кг}$	29,5	39,2	42,6	46,5
3	Вулканический туф $S_{\text{уд}} = 920 \text{ м}^2/\text{кг}$	26,5	33,1	37,6	39,4
4	Известняковая мука $S_{\text{уд}} = 1060 \text{ м}^2/\text{кг}$	29,0	13,7	16,5	9,0
5	Песчаник $S_{\text{уд}} = 1020 \text{ м}^2/\text{кг}$	26,5	14,6	17,3	9,2
6	Клинкерная пыль $S_{\text{уд}} = 240 \text{ м}^2/\text{кг}$	23,0	42,1	44,7	50,5
7	Аспирационная пыль $S_{\text{уд}} = 280 \text{ м}^2/\text{кг}$	24,0	15,4	15,6	10,1

пературе $20 \pm 2^\circ\text{C}$, но через 2 суток часть образцов-близнецов помещалась периодически в сушильный шкаф при температуре 40°C на пару часов, и часть термообработанных образцов хранилась в воде. Рецептуры и результаты испытаний в зависимости от условий твердения приведены в таблице 1.

Результаты испытаний, приведенные в таблице 1, подтверждают, что прочностные показатели полученных вяжущих зависят в первую очередь от минералогического и химического составов исследуемых порошков, от наличия активных центров кристаллизации, а потом уже от условия твердения и удельной поверхности минеральных добавок. Клинкерная пыль, образующаяся на горячем конце клинкерной вращающейся печи, обладает нужным минеральным составом, при затворении щелочным раствором гидратируется с образованием гидросиликатов кальция и натрия, поэтому эти образцы и отличаются высокими прочностными значениями при твердении в водной среде. Окремненный термоактивированный мергель и вулканический туф также при активации жидкостекольным раствором набрали хорошую активность при хранении образцов в воде, что обосновано алюмосиликатной природой данных порошков. Минеральные

порошки из известняка, песчаника и аспирационной пыли после активации набирали прочность при повышении температуры, полученные результаты обоснованы большим содержанием щелочноземельных соединений.

Таким образом были получены бесклинкерные гидравлические вяжущие щелочной активации, с линейкой прочности от 10 до 50 МПа, пригодные для производства бетонных композитов. Но в предлагаемых разработках самым дорогим считается товарное жидкое стекло, и для широкомасштабного использования щелочных композитов необходимо найти альтернативу этому затворителю [14, 16-18]. Поэтому на следующем этапе была поставлена цель – приготовить эффективный и менее затратный щелочной раствор. Затворитель был приготовлен мокрым способом, который заключался в растворении тонкодисперсных кремнеземистых добавок в 20% растворе едкого натрия, с последующим нагреванием до $92-95^\circ\text{C}$ при атмосферном давлении.

Сущность метода состоит в том, что аморфная составляющая исследуемых добавок при диспергировании вступает в реакцию с щелочью с образованием метасиликата натрия по реакции: $2\text{NaOH} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Полученный таким способом щелочной рас-

твор метасиликата натрия в виде суспензии подвергали фильтрации, в результате чего разделялся раствор и нерастворимый осадок. Химический состав предлагаемых щелочных растворов исследовали в НИЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы» ГГНТУ на растровом электронном микроскопе QUANTA 3D 200i с использованием энергодисперсионной системы микроанализа (EDAX).

В качестве кремнеземистого компонента в щелочном растворе были использованы мелкие стекольные пески Шатойского месторождения (ЧР) и вулканический туф Кенженского месторождения (КБР). Химический состав минеральных добавок приведен в таблице 2.

После приготовления щелочного раствора в течение недели проводился визуальный

осмотр полученных суспензий (рис. 1 а и б), который показал, что через сутки уровень осадка в растворе на основе тонкодисперсного кварцевого порошка выше, чем в растворе с вулканическим туфом, объяснить этот факт можно тем, что кварц довольно твердый минерал, содержащийся в повышенном количестве, в начальный период труднее взаимодействует с щелочью. Спустя неделю уровень осадка изменился, он уменьшился в том же растворе, вероятно, что процесс диспергирования кварца в растворе едкого натра активизировался за счет аморфной составляющей этой добавки. Энергодисперсионный анализ и микрофотографии соответствующих растворов проводились как чистого фильтрата, так и осадка, результаты представлены на рис. 2-5.

Таблица 2 – Химический состав кремнеземистых добавок, %

Оксидный состав	Вулканический туф	Кварцевый песок
MgO	2,20	6,32
Al ₂ O ₃	13,57	14,99
SiO ₂	63,67	73,83
K ₂ O	6,00	1,83
CaO	7,79	0,6
Fe ₂ O ₃	2,52	0,97
TiO ₂	2,85	1,32
SO ₃	-	0,14
ппп	1,40	-



а)



б)

Рис. 1. Снимки щелочных растворов на основе кварцевого песка и вулканического туфа, через сутки (а) и через неделю (б)

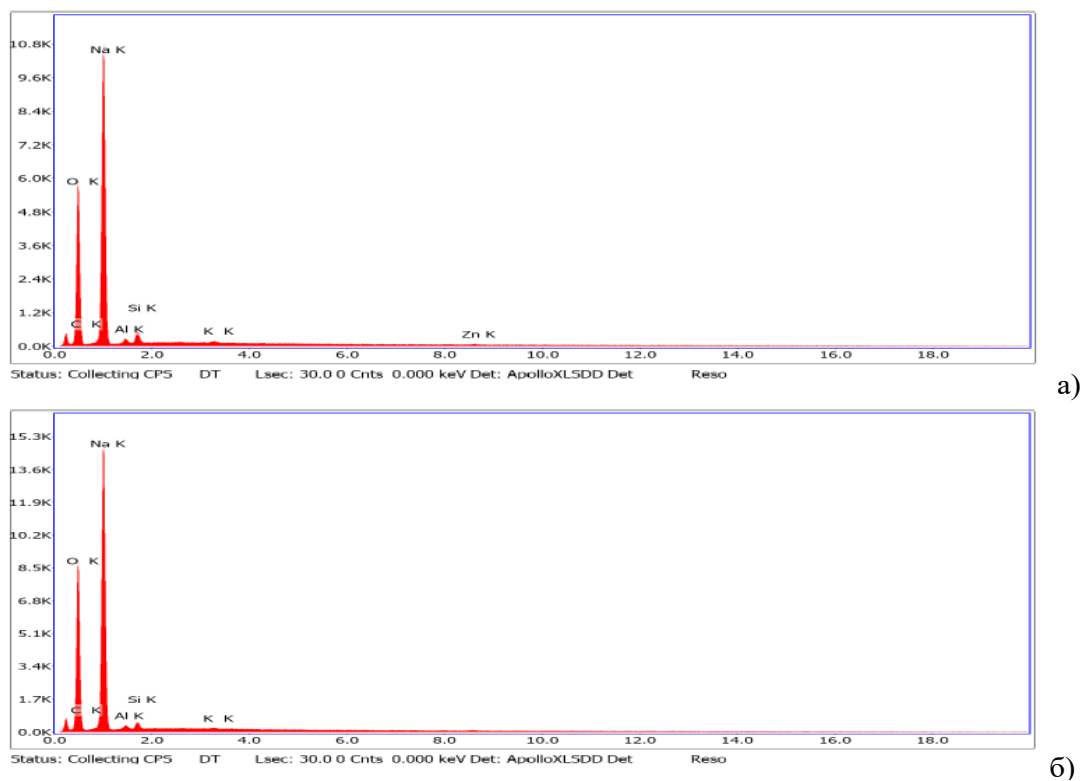


Рис. 2. Энергодисперсионный анализ щелочного раствора на основе кварцевого песка, без осадка (а), с осадком (б)

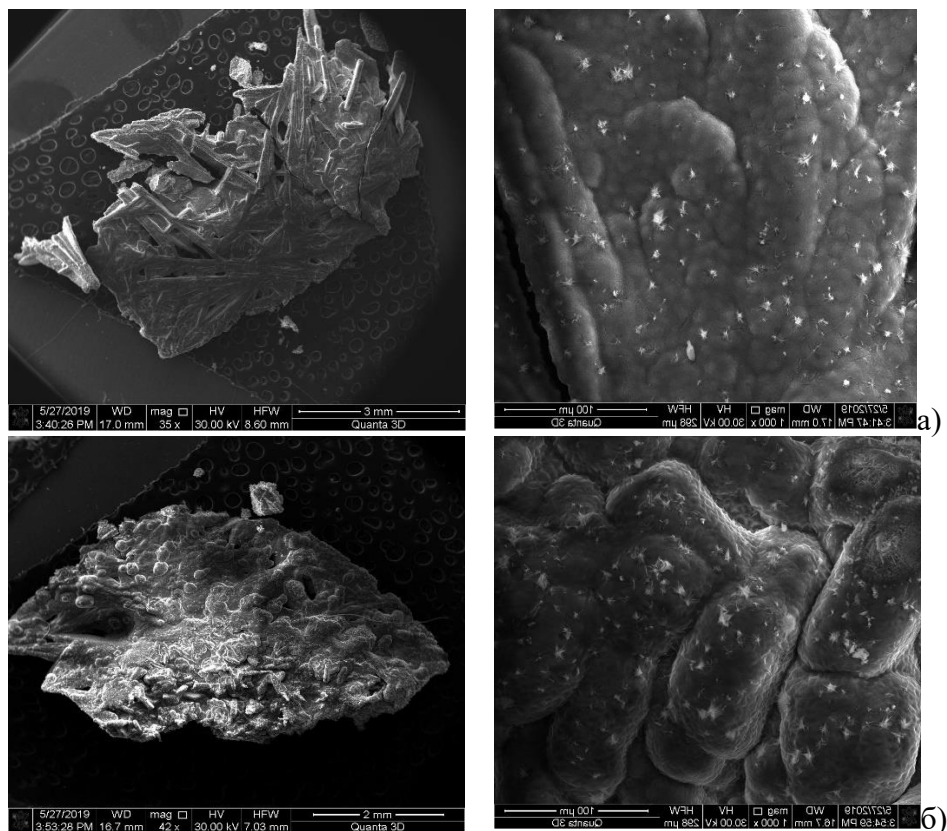


Рис. 3. Микрографии щелочного раствора на основе кварцевого песка, без осадка (а), с осадком (б)

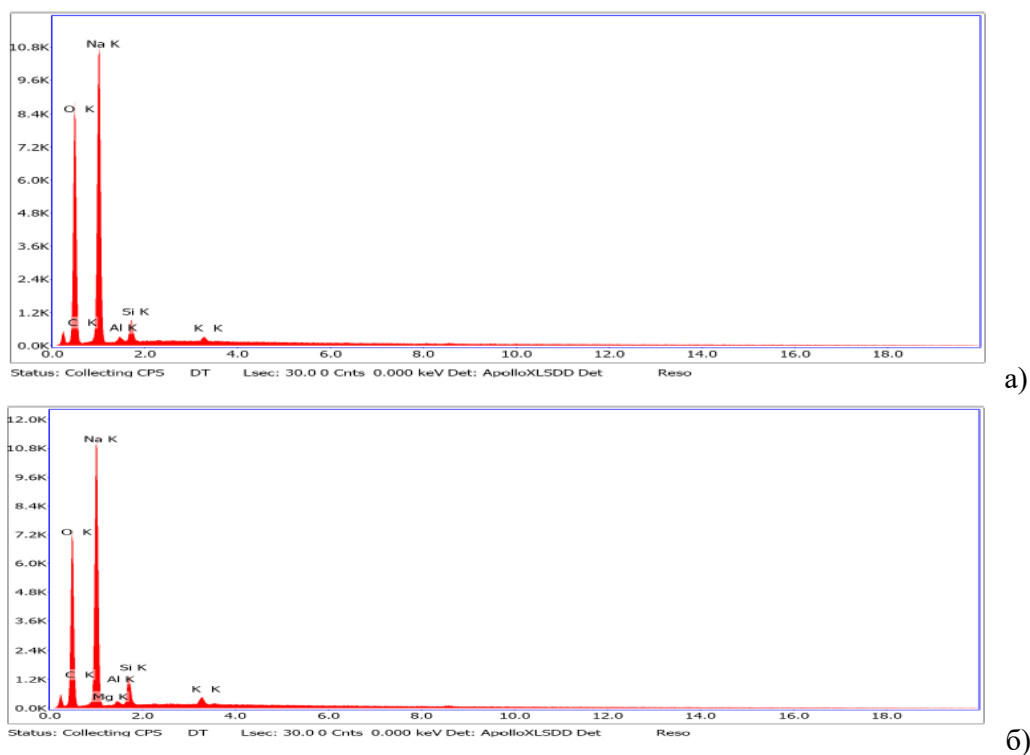


Рис. 4. Энергодисперсионный анализ щелочного раствора на основе вулканического туфа, без осадка (а), с осадком (б)

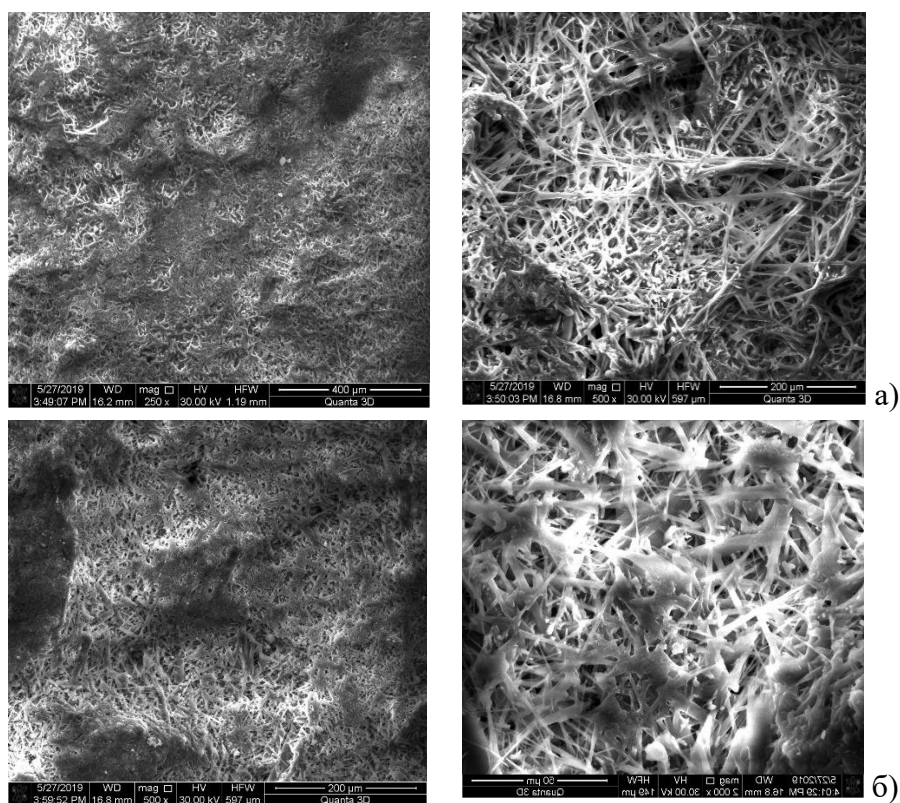


Рис. 5. Микрографии щелочного раствора на основе вулканического туфа, без осадка (а), с осадком (б)

Таблица 3 – Рецептуры и свойства бесклинкерных цемента щелочной активации

№ состава	Высокодисперсные порошки	Щелочной активатор, % Na_2SiO_3		Активность МПа, 28 сут.	
		кварцевый песок	вулканический туф	условия твердения	
				естественное	в воде
1	Кварцевый порошок, $S_{\text{уд}} = 810 \text{ м}^2/\text{кг}$	26,2	-	14,7	13,5
		-	26,2	15,3	14,1
2	Мергель (700 ⁰ С), $S_{\text{уд}} = 1150 \text{ м}^2/\text{кг}$	29,5	-	22,9	25,4
		-	29,6	23,4	25,8
3	Вулканический туф $S_{\text{уд}} = 920 \text{ м}^2/\text{кг}$	26,6	-	17,6	19,3
		-	26,6	18,2	19,7
4	Известняковая мука $S_{\text{уд}} = 1060 \text{ м}^2/\text{кг}$	29,3	-	9,4	4,0
		-	29,3	9,6	4,6
5	Песчаник $S_{\text{уд}} = 1020 \text{ м}^2/\text{кг}$	26,7	-	7,6	3,2
		-	26,7	7,7	3,6
6	Аспирационная пыль $S_{\text{уд}} = 280 \text{ м}^2/\text{кг}$	24,2	-	10,0	5,1
		-	24,2	10,4	5,0

Результаты микроанализа показывают, что в осадках щелочных растворов содержится большее количество непрореагировавшего кремнезема. В фильтрах щелочного раствора на основе вулканического туфа, как показали исследования, большее содержание SiO_2 до 2,85%, тогда как в растворе на основе кварцевых порошков SiO_2 до 1,99%, а микрофотографии подтверждают наличие стекловидной фазы.

На дальнейшем этапе были проведены исследования, подтверждающие эффективность разработанных растворов метасиликата натрия. Для этого были приготовлены образцы-балочки из высокодисперсных порошков (таблица 1), затворенных исследуемыми щелочными растворами. После распалубки образцы подвергали тепловому воздействию в течение двух суток в сушильном шкафу (3 часа при $t = 40^\circ\text{C}$), далее одну часть образцов помещали в воду для установления гидравлической вязкости, а другая твердела на воздухе, для взаимодействия с углекислотой и образования геля кремниевой кислоты хотя бы на поверх-

ностных слоях образцов. Результаты исследований приведены в таблице 3.

Полученные результаты испытаний подтверждают эффективность щелочного раствора на основе вулканического туфа, особенно это проявляется в составах №2 и 3. Термоактивированный окремненный мергель и вулканические породы алюмосиликатной природы, активируясь щелочным раствором, формируют прочный геополимерный камень, представленный каркасным алюмосиликатом, затворенным щелочной средой с образованием трехмерного алюмосиликатного гидрогеля [19, 20]. Порошки карбонатной природы не обладают гидравлическими свойствами и показали невысокие результаты по прочности.

Конечно же, результаты прочности отличаются от полученных при затворении товарным жидким натриевым стеклом, но учитывая энергоэффективность данной технологии, можно считать, что предлагаемые растворы позволят расширить область применения бесклинкерных вяжущих щелочной активации и получать бетоны с заданными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dietz A., Ramroth H., Urban T., Ahrens W., Becher H. (2004) Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: Results of a population based case-control study. *Int J Cancer*, 108.
2. Al-Neaimi Y.I., Gomes J., Lloyd O.L. (2001) Respiratory illnesses and ventilator function among workers at a cement Factory in a rapidly developing country. *Occup Med (Lond)*, 51, Pp. 367-373.
3. Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М. Ш., Ватаев У. В. Цементная промышленность Чеченской Республики // Вестник Академии наук Чеченской Республики. № 1 (22). Грозный, 2014. С. 109-114.
4. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T. On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // В сборнике: МАТЕС Web of Conferences 27. Сер. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018" 2018. С. 04018.
5. Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures / S. A. Stelmakh, M. P. Nazhnev, E. M. Shcherban, A. V. Yanovskaya, A. V. Cherpakov // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-Hae Kim, I. A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. С. 337.
6. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete / A. Shuisky, S. Stelmakh, E. Shcherban, E. Torlina // МАТЕС Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 2017. С. 05011.
7. Строительные материалы на основе жидкого стекла / А. А. Солдатов, И. В. Сариев, М. А. Жаров, М. А. Абдураимова // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности. Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н. И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. С. 192-195.
8. Исследование свойств бетонов на бесклинкерных вяжущих / С.-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, М. С. Сайдумов, А. Х. Аласханов // Перспективы развития топливно-энергетического комплекса и современное состояние нефтегазового инженерного образования в России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 105-летию М. Д. Миллионщикова, 11-12 июня 2018 г. Грозный: ФГБОУ ВО «ГГНТУ», 2018. С. 392-399.
9. Salamanova M. Sh., Murtazayev S. Yu., Ismailova Z. H. The Use of Highly Active Additives for the Production of Clinkerless Binders // Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 355-358.
10. Salamanova M. Sh., Murtazayev S. Yu. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht. 12-14 september 2018, Bauhaus-Universitdt Weimar. Band 1 und 2. Weimar: 2018. B. 2. С. 707-714.
11. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties / A. A. Volodchenko, V. S. Lesovik, L. H. Zagorodnyuk, A. N. Volodchenko // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 19. Pages 40617-40622.
12. Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes / V. S. Lesovik, L. K. Zagorodnyuk, A. E. Mestnikov, A. I. Kudinova, D. A. Sumskoi // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 5. Pp. 12383-12390.
13. Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials / A. A. Volodchenko, V. S. Lesovik, A. N. Volodchenko, L. H. Zagorodnyuk, Y. V. Pukhareno // 2016. International Journal of Pharmacy and Technology 2016. 8 (3), с. 18856-18867.
14. Davidovitz J. Geopolymer. Chemistry and applications. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. 2008-592 pp.

15. Geopolymer technology: The current state of the art /P. Duxson, A. Fernandez, J. Provis, J. Mater. //Sci. 2007. V. 42. Pp. 2917-2933.
16. Влияние активных центров поверхности на реакционную способность минеральных добавок / С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, З.Х. Исмаилова // Научный журнал «Современная наука и инновации». Ставрополь – Пятигорск, 2017. №2 (18). С. 168-175.
17. Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М.Ш. Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // Приволжский научный журнал. 2018. №2 (Т. 46). С. 65-70.
18. Martschuk V., Stark T. Untersuchungen zurn Frost-Tausalz-Widerstaud von Mochleistungs betonen // Thesis: Wiss.Z. Bauhaus -Univ. Weimar. 1998. V. 44. № 1-2. Pp. 92-103.
19. Larbi, J. A., Bijen J.M. Effect of water-cement ratio, quantity and fineness of sand on the evolution of lime in set portland cement systems // Cem. andConcr. Res. 1990. V. 20. №5. Pp. 783-794.
20. Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolymer binders / N. I. Kozhuhova, I. V. Zhernovskiy, M. S. Osadchaya, V. V. Strokov, R. V. Tchizhov // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). 2014. Vol. 9. Issue 22. Pp. 16945-16955.

PREPARATION OF LIQUID-GLASS SILICATE-SODIUM ALKALINE SOLUTIONS FROM SILICON-CONTAINING ADDITIVES

© S-A. Yu. Murtazaev, Salamanova M. Sh.

GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

Alkaline mixing cements in which the alkaline metals will be the active component can interact with aluminosilicate minerals during hydration to form strong and insoluble compounds. The basis for the production of concrete composites on alkaline binding binders is based on domestic and foreign experience in the use of slag base composites in construction. In this work, an energy dispersive microanalysis of the clinker-free compositions under study based on alkaline silicate sodium solutions from silica-containing rocks was carried out. Developed formulations of clinkerless binders on the basis of highly dispersed powders of various nature, closed with an alkaline solution prepared by the wet method at temperatures up to 95 °C and atmospheric pressure. This technology will allow you to expand the scope of alkaline cements and get concretes with desired properties.

Keywords. Liquid glass, sodium metasilicate, silica-containing additives, alkali metals, dispersing, alkaline activator, linkless binders, highly dispersed powders.

REFERENCES

1. Dietz, A., Ramroth, H., Urban, T., Ahrens, W. and Becher, H. (2004) Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: Results of a population based case-control study. Int J Cancer, p. 108.

2. Al-Neaimi, Y. I., Gomes, J., Lloyd, O. L. (2001) Respiratory illnesses and ventilator function among workers at a cement Factory in a rapidly developing country. *Occup Med (Lond)*, 51, pp. 367-73.
3. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Vataev, U. V. (2014) 'Tsementnaya promyshlennost' Chechenskoj respubliki' [Cement industry of the Chechen Republic]. *Vestnik Akademii Nauk Chechenskoj respubliki*. №1 (22). Grozny. Pp. 109-114.
4. Nesvetaev, G., Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018) 'On effect of super plasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete' *Proceedings of MATEC Web of Conferences 27. Ser. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018"*. P. 04018.
5. Stelmakh, S. A., Nazhnev, M. P., Shcherban, E. M., Yanovskaya, A. V. and Cherpakov, A. V. (2018) 'Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures' *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-HaeKim, I.A. Parinov, S.-H. Chang*. P. 337.
6. Shuisky, A., Stelmakh, S., Shcherban, E., Torlina, E. (2017) 'Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete' *MATEC Web of Conferences Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017"*. P. 05011.
7. Soldatov, A. A., Sariev, I. V., Zharov, M. A. and Abduraimova M. A. (2016) 'Stroitel'nye materialy na osnove zhidkogo stekla: V sbornike: Aktual'nye problem stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti. Materialy IV-i ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. N.I. Stoyanov (otvetstvennyi redaktor). [Construction materials based on liquid glass. In proceedings: Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety. Materials of the IVth annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University. N.I. Stoyanov (executive editor)]. Pp. 192-195.
8. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S. and Alaskhanov A.Kh. (2018) 'Issledovanie svoystv betonov na besklinkernykh vyazhushchikh' *Perspektivy razvitiya toplivno-energicheskogo kompleksa i sovremennoe sostoyanie neftegazovogo inzhenerenogo obrazovaniya v Rossii, posvyashchennaya 105-letiyu M.D. Millionshchikova: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 11-12 iyunya 2018 g. FGOBU VO «GGNTU»*. [Investigation of the properties of concrete on clinker-free binders. Prospects for the development of the fuel and energy complex and the current state of oil and gas engineering education in Russia, dedicated to the 105th anniversary of M.D. Millionschikov: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference June 11-12, 2018. FSBEI HE "GSTOU"]. Grozny. Pp. 392-399.
9. Salamanova, M. Sh., Murtazayev, S. Yu. and Ismailova, Z. H. (2018) 'The Use of Highly Active Additives for the Production of Clinkerless Binders'. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018)* ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2. Pp. 355-358.
10. Salamanova M. Sh. and Murtazayev S. Yu. (2018) Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components. *Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht. 12-14 september 2018, Bauhaus-Universitdt Weimar. Band 1 und 2. Weimar. B. 2. Pp. 707-714.*
11. Volodchenko, A. A., Lesovik, V. S., Zagorodnjuk, L. H. and Volodchenko, A. N. (2015) 'Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties: *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 10. Issue 19. Pp. 40617-40622.
12. Lesovik, V. S., Zagorodnyuk, L. K., Mestnikov, A. E., Kudinova, A. I., Sumskoi, D. A. (2015) 'Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes' *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 10. Issue 5. Pp. 12383-12390.
13. Volodchenko, A. A., Lesovik, V. S., Volodchenko, A. N., Zagorodnjuk, L. H., and Pukharenskiy, Y. V. (2016) 'Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials' *International Journal of Pharmacy and Technology 2016. №8 (3)*, pp. 18856-18867.

14. Davidovitz, J. (2008) 'Geopolymer'. *Chemistry and applications*. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. Pp. 592.
15. Duxson, P., Fernandez, A., Provis, J., Mater, J. Geopolymer technology: The current state of the art //Sci. 2007. V. 42. Pp. 2917-2933.
16. Murtazaev, S-A. Yu. Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S. and Ismailova, Z. Kh. (2017) 'Vliyanie aktivnykh tse ntrov poverkhnosti na reaktsionnyuyu sposobnost' mineral'nykh dobavok' [The effect of surface active sites on the reactivity of mineral additives] *Nauchnyi zhurnal «Sovremennaya nauka i innovatsii»*. Stavropol – Pyatigorsk. №2 (18). Pp. 168-175.
17. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. (2018) 'Perspektivy ispol'zovaniya termoaktivirovannogo syr'ya alyumosilikatnoi prirody'. [Prospects for the use of thermally activated aluminosilicate materials]. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. №2 (V. 46). Pp. 65-70.
18. Martschuk, V. and Stark, T. (1998) Untersuchungen zum Frost-Tausalz-Widerstand von Mochleistungsbetonen. Thesis: Wiss.Z. Bauhaus -Univ. Weirnar. V. 44. № 1-2. Pp. 92-103.
19. Larbi, J. A. and Bijen, J. M. (1990) Effect of water-cement ratio, quantity and fineness of sand on the evolution of lime in set portland cement systems. *Cem. andconcr. res.* V20. №5. pp. 783-794.
20. Kozhuhova, N. I., Zhernovskiy, I. V., Osadchaya, M. S., Strokova, V. V. and Tchizhov R. V. (2014). 'Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolymer binders'// *International Journal of Applied Engineering Research (IAER)*. Vol. 9. Issue 22. Pp. 16945-16955.

ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫЙ БЕТОН

© А. А. Пыкин, Н. П. Лукутцова, С. Н. Головин, И. В. Моськина

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск, Россия

Разработан состав, исследованы свойства и микроструктура дисперсно-армированного полистиролбетона для изготовления мелкоштучных конструктивно-теплоизоляционных стеновых изделий, включающий портландцемент, гранулированный вспененный полистирол, базальтовую фибру, воду и кремнеземсодержащий модификатор, получаемый смешиванием конденсированного микрокремнезема, суперпластификатора С-3 и водного раствора жидкого натриевого стекла. Разработанный дисперсно-армированный полистиролбетон с добавкой кремнеземсодержащего модификатора характеризуется повышенными значениями адгезионной прочности (0,231 МПа), класса по прочности на растяжение при изгибе ($B_{\text{изг}}$ 4), класса по прочности на сжатие (B5), коэффициента трещиностойкости (0,77), марки по морозостойкости ($F_{\text{т}}$ 200) при незначительном увеличении средней плотности и коэффициента теплопроводности. Повышение физико-механических свойств и морозостойкости полистиролбетона разработанного состава достигается в результате уплотнения и упрочнения цементного камня, улучшения его сцепления с пенополистиролом за счет синергетического эффекта действия кремнеземсодержащего модификатора, как адгезионной и структурообразующей добавки, и базальтовой фибры, как дисперсно-армирующего компонента.

Ключевые слова: полистиролбетон, дисперсное армирование, базальтовая фибра, кремнеземсодержащий модификатор, физико-механические свойства, морозостойкость.

Полистиролбетон (ПСБ) на основе цементного вяжущего представляет собой сложную систему, в которой полярная жидкость (вода) не смачивает гидрофобную поверхность заполнителя – гранулированного вспененного полистирола (пенополистирола). В связи с этим основным недостатком ПСБ является низкая адгезионная прочность в зоне контакта пенополистирола с цементным камнем (ЦК). Это приводит к выкрашиванию пенополистирола из бетона, что сопровождается снижением прочности, трещиностойкости, морозостойкости, экологической безопасности ПСБ [10].

Обзорный анализ выполненных исследований показывает, что к наиболее эффективному способу создания прочных адгезионных связей в системе «пенополистирол – цементный камень» относится структурирование ЦК химически родственными органоминеральными микро- и наномодификаторами [9, 17] на основе природного и техногенного сырья [8, 11, 13, 18], способствующими образованию

адсорбционных промежуточных слоев в зоне контакта гидрофобного пенополистирола с гидрофильными продуктами гидратации клинкерных минералов [2], при дисперсном армировании бетона макро-, микро- и нановолокнами [3].

Концепция многоуровневого дисперсного армирования сопровождается синергетическим эффектом действия армирующих элементов на каждом масштабном структурном уровне бетона, что позволяет увеличить сопротивление бетона хрупкому разрушению [4].

В данной области исследований большой научно-практический интерес представляют минеральные волокна из базальтовых [7], хризотил-асбестовых [6], волластонитовых [12], диоксидовых и других горных пород, а также углеродные [5], галлуазитовые [14] и биосилифицированные нанотрубки [15], микрокристаллическая целлюлоза [16] и древесные опилки [1].

Целью работы является разработка состава, исследование свойств и микроструктуры

дисперсно-армированного полистиролбетона с добавкой кремнеземсодержащего модификатора для изготовления мелкоштучных конструктивно-теплоизоляционных стеновых изделий с повышенными физико-механическими характеристиками и морозостойкостью.

В качестве исходных компонентов для получения образцов ПСБ применялись:

- бездобавочный нормальнотвердеющий портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Н (АО «Мальцовский портландцемент», Брянская область, Россия);

- пенополистирол марки ПВГ 15 с диаметром гранул 2,5-5 мм, насыпной плотностью 12 кг/м³ (ООО «ЕПС-Самара», Самара, Россия);

- базальтовая фибра с длиной волокна 1,5-4,5 мм, диаметром 7,5-10,5 мкм (ОАО «Ивотстекло», Брянская область, Россия);

- кремнеземсодержащий модификатор в виде пасты, получаемой смешиванием конденсированного микрокремнезема марки МК-85 (ООО «Альянс-Строительные Технологии», Московская область, Россия) с суперпластификатором С-3 (ОАО «Полипласт», Тульская область, Россия), жидким натриевым стеклом плотностью 1380-1420 кг/м³, силикатным модулем 2,9-3,1 (ООО «Меттерра», Челябинск, Россия) и водой;

- вода затворения.

Приготовление полистиролбетонных смесей (таблица 1) осуществлялось путем смешивания исходных компонентов в роторном смесителе принудительного действия в три стадии: кремнеземсодержащий модификатор – пенополистирол (первая стадия); базальтовая фибра – 1/3 часть воды (вторая стадия); портландцемент – 2/3 части воды (третья стадия).

Для определения эффективности действия базальтовой фибры и кремнеземсодержащего модификатора на физико-механические свойства (среднюю плотность, коэффициент теплопроводности, адгезионную прочность, прочность на растяжение при изгибе, прочность на сжатие, коэффициент трещиностойкости) и морозостойкость ПСБ применялись комплексные методы в соответствии с ГОСТ 33929. Испытаниям подвергались образцы ПСБ, изготовленные способом объемного вибропрессования, через 28 суток их нормального твердения и последующего высушивания до постоянной массы при температуре 70 °С.

Средняя плотность, коэффициент теплопроводности, прочность на сжатие ПСБ определялись на образцах-кубах размерами 10×10×10 см, прочность на растяжение при изгибе – на образцах-балочках размерами 4×4×16 см. За показатель трещиностойкости принимался условный коэффициент, равный отношению прочности на растяжение при изгибе к прочности на сжатие.

Адгезионная прочность оценивалась путем испытания на сдвиг образцов прямоугольной формы из пенополистирола размерами 10×10 см, на поверхность которых сначала наносился и выдерживался слой кремнеземсодержащего модификатора (отдельно и совместно с базальтовой фиброй), а затем слой цементного теста толщиной 10 мм.

Морозостойкость ПСБ определялась по снижению прочности на сжатие и потере массы образцов после заданного числа циклов их многократного попеременного замораживания и оттаивания при следующих условиях: среда насыщения – вода; среда и температура замораживания – воздушная, минус (18 ± 2)

Таблица 1 – Составы полистиролбетонных смесей

№	Состав, % по массе				
	портландцемент	пенополистирол	кремнеземсодержащий модификатор	базальтовая фибра	вода
1	70,8	6,3	-	-	22,9
2	68	6	0,2	3,8	22
3	70,8	6,3	0,2	-	22,7

Таблица 2 – Физико-механические свойства полистиролбетона

Показатели свойств	Значение		
	состав № 1	состав № 2	состав № 3
Средняя плотность, кг/м ³	430	452	443
Марка по средней плотности	D400	D450	D400
Коэффициент теплопроводности, Вт/ (м·°С)	0,125	0,136	0,131
Адгезионная прочность, МПа	0,042	0,231	0,093
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	0,9	5	3,7
Класс по прочности на растяжение при изгибе	B _{тб} 0,8	B _{тб} 4	B _{тб} 2,8
Прочность на сжатие, МПа	2,7	6,5	7,7
Класс по прочности на сжатие	B2	B5	B7,5
Коэффициент трещиностойкости	0,33	0,77	0,48
Марка по морозостойкости:	F ₁ 50	F ₁ 200	F ₁ 100
снижение прочности на сжатие, %	14,6	14,1	13,8
потеря массы, %	4,5	4,8	4,7

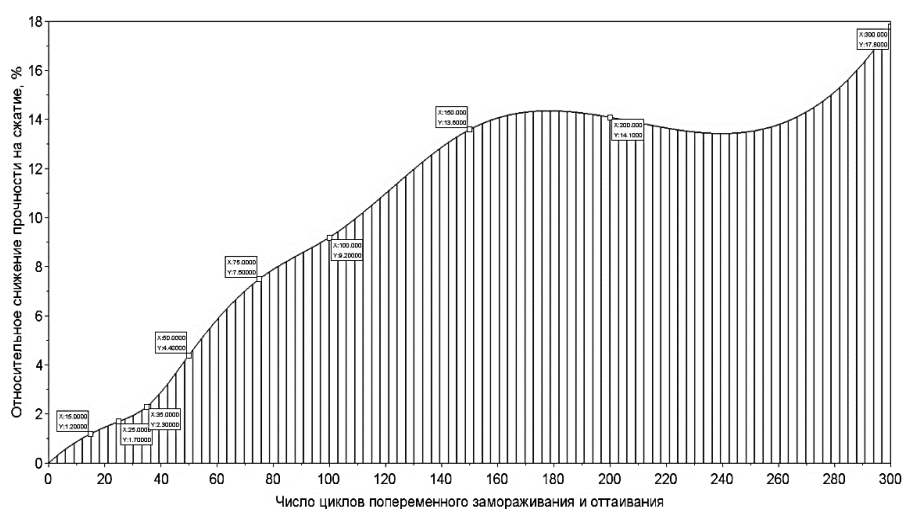


Рис. 1. Изменение прочности на сжатие ПСБ с базальтовой фиброй и кремнеземсодержащим модификатором в условиях попеременного замораживания и оттаивания

°С; среда и температура оттаивания – вода, (20 ± 2) °С.

Анализ влияния базальтовой фибры и кремнеземсодержащего модификатора на изменение микроструктуры ПСБ проводился методом электронной микроскопии на растровом микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU.

Установлено, что, по сравнению с контрольным составом (состав №1, таблица 1), разработанный состав полистиролбетона с базальтовой фиброй и кремнеземсодержащим модификатором (состав №2, таблица 1) позволяет, при незначительном увеличении средней плотности (на 5%) и коэффициента тепло-

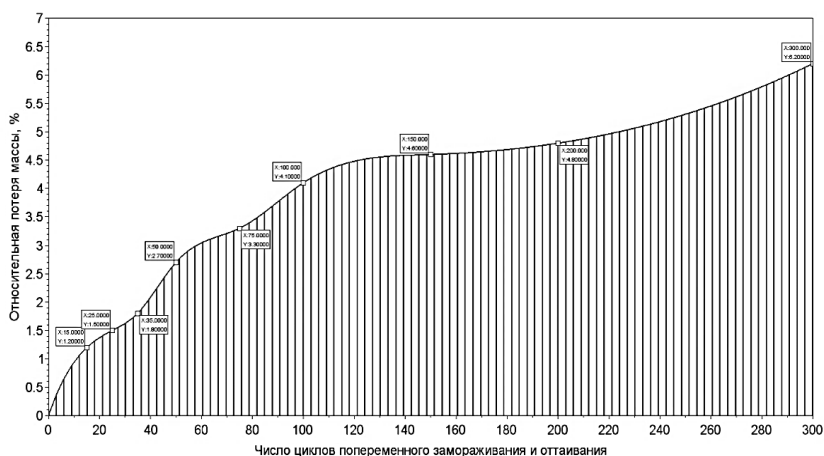


Рис. 2. Изменение массы ПСБ с базальтовой фиброй и кремнеземсодержащим модификатором в условиях попеременного замораживания и оттаивания

проводности (на 8%), повысить адгезионную прочность в зоне контакта пенополистирола с цементным камнем от 0,042 до 0,231 МПа (в 5,5 раза); класс по прочности на растяжение при изгибе от $B_{cb}0,8$ до $B_{cb}4$ (на 8 позиций); класс по прочности на сжатие от В2 до В5 (на 2 позиции); коэффициент трещиностойкости от 0,33 до 0,77 (в 2,3 раза) (таблица 2).

Модифицированный ПСБ без базальтовой фибры (состав №3, таблица 1), имея более высокий класс по прочности на сжатие (В7,5),

характеризуется пониженными значениями адгезионной прочности от 0,231 до 0,093 МПа (в 2,5 раза); класса по прочности на растяжение при изгибе от $B_{cb}4$ до $B_{cb}2,8$ (на 3 позиции); коэффициента трещиностойкости от 0,77 до 0,48 (в 1,6 раза).

Результаты испытания на морозостойкость (рис. 1, 2) показали, что при увеличении числа циклов попеременного замораживания и оттаивания до 50 относительное снижение прочности на сжатие ПСБс базальтовой фи-

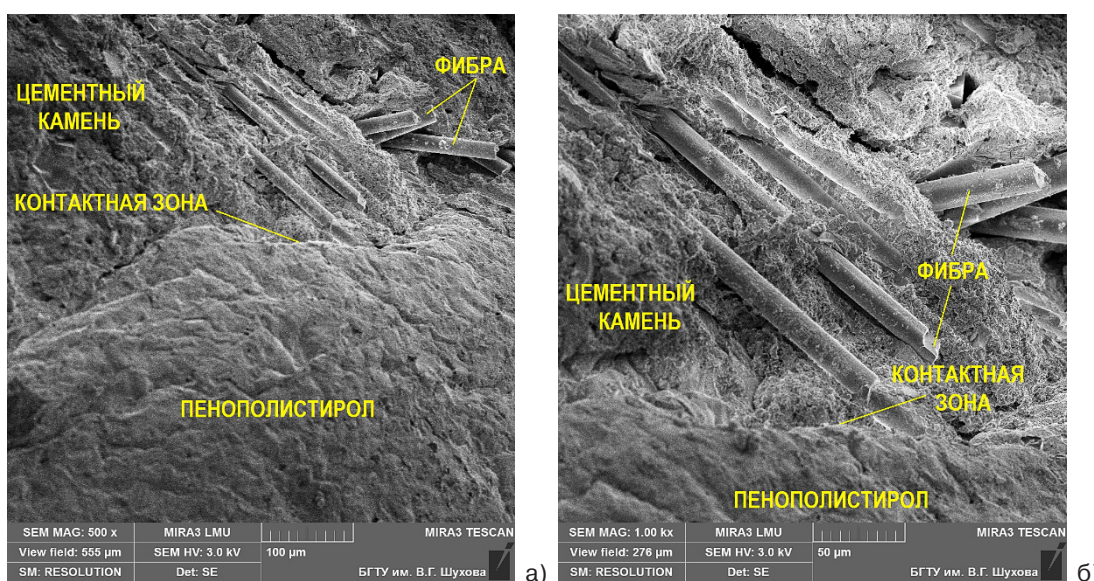


Рис. 3. Микроструктура дисперсно-армированного ПСБ без кремнеземсодержащего модификатора: а – увеличение в 500 раз; б – увеличение в 1000 раз

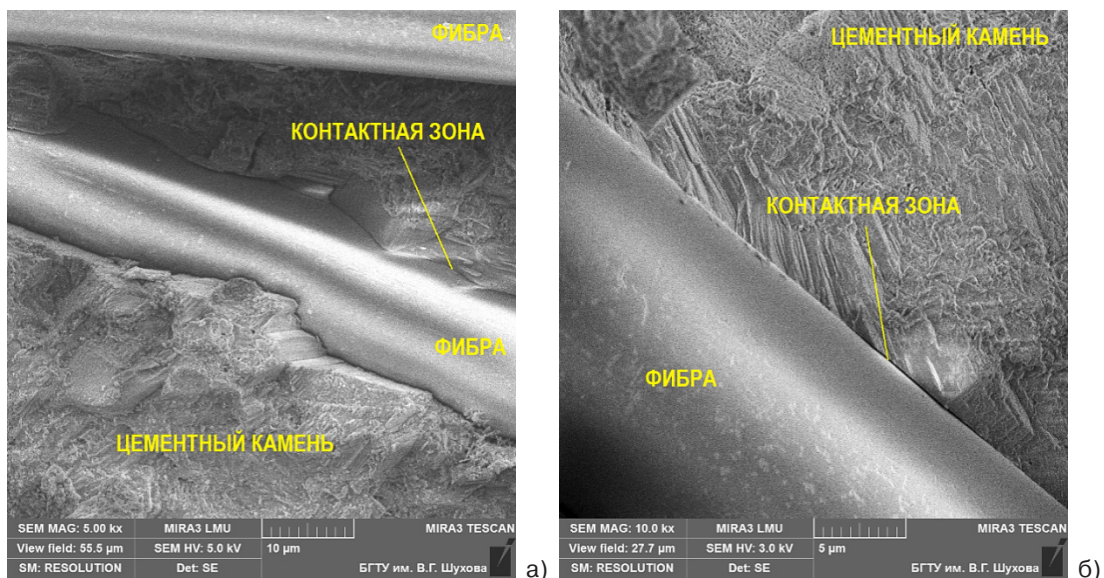


Рис. 4. Микроструктура дисперсно-армированного ПСБ без кремнеземсодержащего модификатора в зоне контакта цементного камня с базальтовой фиброй:
а – увеличение в 5000 раз; б – увеличение в 10000 раз

брой и кремнеземсодержащим модификатором составляет 4,4%, а относительная потеря массы – 2,7%.

Последующее поэтапное увеличение циклов попеременного замораживания и оттаивания от 50 до 300 приводит к повышению относительного снижения прочности на сжатие ПСБ от 4,4 до 17,8% (в 4 раза), а относитель-

ной потери массы – от 2,7 до 6,2% (в 2,3 раза).

Из полученных результатов следует, что марка по морозостойкости ПСБ с базальтовой фиброй и кремнеземсодержащим модификатором равна F_{1200} и удовлетворяет требованиям ГОСТ 10060: потеря прочности на сжатие составляет 14,1% (менее 15%), а массы – 4,8% (менее 5%).

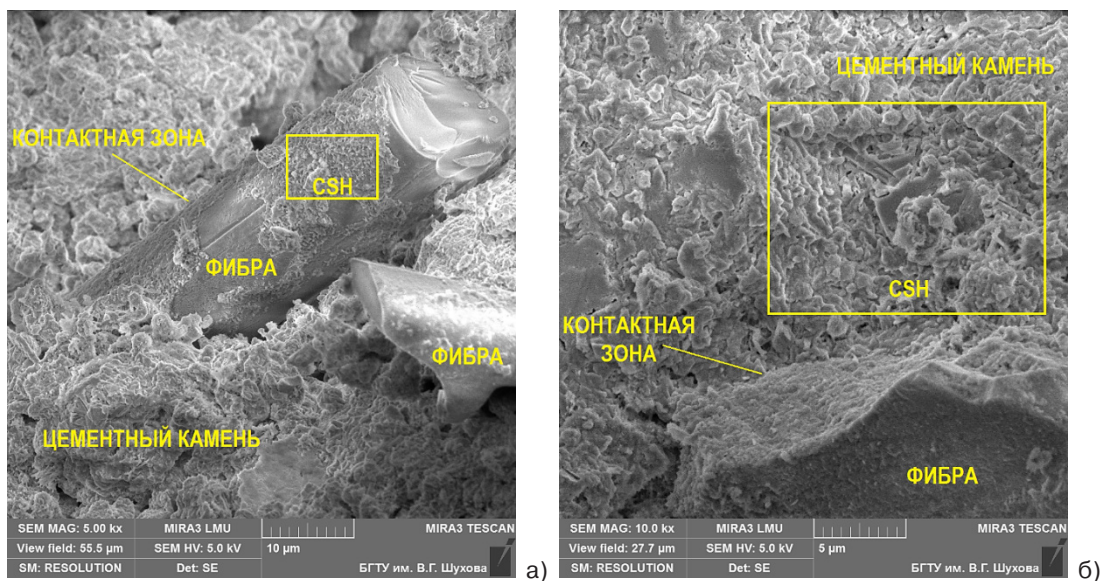


Рис. 5. Микроструктура дисперсно-армированного ПСБ с кремнеземсодержащим модификатором в зоне контакта цементного камня с базальтовой фиброй:
а – увеличение в 5000 раз; б – увеличение в 10000 раз

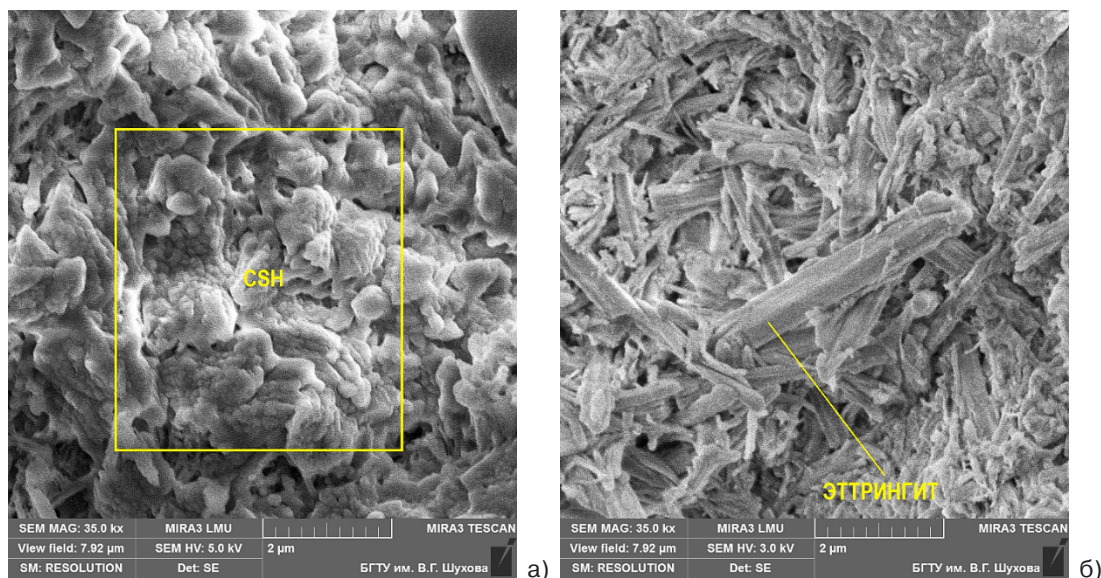


Рис. 6. Микроструктура новообразований на поверхности базальтовой фибры в микроструктуре дисперсно-армированного ПСБ с кремнеземсодержащим модификатором (увеличение в 35000 раз)

Методом электронно-микроскопического анализа выявлено, что дисперсно-армированный ПСБ без кремнеземсодержащего модификатора характеризуется разуплотненной, рыхлой и дефектной микроструктурой с практически полным отсутствием новообразований на поверхности базальтовой фибры после непосредственного контакта с продуктами гидратации портландцемента (рис. 3).

При введении базальтового волокна отдельно от кремнеземсодержащего модификатора ухудшается сцепление цементного камня как с пенополистиролом, так и с фиброй (рис. 4).

В присутствии кремнеземсодержащего модификатора на поверхности базальтовой фибры образуется плотная оболочка, состоящая из продуктов взаимодействия минералов портландцементного клинкера и компонентов модификатора (в частности частиц микрокремнезема), что способствует улучшению сцепления базальтового волокна с цементным камнем (рис. 5). При этом микроструктура новообразований на поверхности базальтовой фибры является кубической, короткопризматической и пластинчатой, представлена кристаллогидратами, идентичными гидросиликатам кальция и этtringиту (рис. 6).

Таким образом, в ходе проведения исследований разработан состав и определены свойства дисперсно-армированного полистиролбетона с использованием базальтовой фибры и кремнеземсодержащего модификатора в виде пасты на основе микрокремнезема, суперпластификатора С-3 и водного раствора жидкого натриевого стекла.

Установлено, что кремнеземсодержащий модификатор способствует формированию на поверхности базальтовой фибры оболочки из продуктов взаимодействия минералов портландцементного клинкера и компонентов модификатора, идентичных гидросиликатам кальция и этtringиту, которая приводит к улучшению сцепления базальтового волокна с цементным камнем и, как следствие, повышению прочности и трещиностойкости полистиролбетона.

Разработанный состав полистиролбетона позволит изготавливать мелкоштучные конструктивно-теплоизоляционные стеновые изделия с маркой по средней плотности D450, коэффициентом теплопроводности до 0,136 Вт/(м·°С), классами по прочности на растяжение при изгибе и на сжатие В_б4 и В5 соответственно, коэффициентом трещиностойкости до 0,77, маркой по морозостойкости до F₁200.

ЛИТЕРАТУРА

1. Древесно-цементные композиции с модифицированной структурой на макро-, микро- и наноуровнях / Е.Ю. Горностаева, И.А. Ласман, Е.А. Федоренко, Е.В. Камоза // Строительные материалы. 2015. № 11. С. 13-16.
2. Конструкционно-теплоизоляционный полистиролбетон на основе регенерированного сырья / О.В. Журба, Е.Г. Шукина, Н.В. Архинчеева, М.Е. Заяханов, Э.А. Щукин // Строительные материалы. 2007. № 3. С. 50-54.
3. Комбинированное дисперсное армирование мелкозернистого бетона на техногенном сырье и нанодисперсном модификаторе / С.В. Клюев, Р.В. Лесовик, О.В. Казлитина, А.В. Нетребенко, Н.В. Калашиников, А.А. Митрохин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 47-53.
4. Коротких Д.Н. Дисперсное армирование структуры бетона при многоуровневом трещинообразовании // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 96-99.
5. Наноструктурирование цементного камня при дисперсном армировании базальтовым волокном / К.А. Сарайкина, В.А. Голубев, Г.И. Яковлев, С.А. Сеньков, А.И. Политаева // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 34-38.
6. Применение хризотилового волокна для дисперсного армирования строительных растворов / В.С. Семенов, Т.А. Розовская, А.Ю. Губский, Р.Р. Гареева // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2016. № 7. С. 93-97.
7. Мелкозернистый базальтофибробетон с нанокремнеземом / Л.А. Урханова, С.А. Лхасаранов, В.Е. Розина, С.Л. Буянтуев // Строительные материалы. 2015. № 6. С. 45-48.
8. Cementconcretecomposites on the basis of by-passed stone and stone milling wastes / D. K.-S. Batayev, S.-A. Murtazaev, M. S. Saidumov, M. Sh. Salamanova, S. A. Aliev // Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved). 2016. Vol. 61 (4B). Pp. 327-336.
9. Evelson L., Lukutsova N. Some practical aspects of fractal simulation of structure of nano-modified concrete / International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10 (19). Pp. 40454-40456.
10. Environmental Hazard of Some Types of Expanded Polystyrene / R. Fediuk, A. Pak, V. Ginevskiy, N. Stoyushko, N. Gladkova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 115 (1). 012007.
11. Nature raw materials of Russian Primorsky Krai for concrete / R. S. Fediuk, Y. G. Yevdokimova, A. K. Smoliakov, R. A. Timokhin, N. Y. Stoyushko, V. O. Batarshin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 87 (5). 052005.
12. Effective Fine-Grained Concrete with High-Dispersed Additive Based on the Natural Mineral Wollastonite / E. G. Karpikov, N. P. Lukutsova, E. A. Bondarenko, V. V. Klyonov, A. E. Zajcev // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 85-90.
13. Composite binders on the basis of pearlite raw material of Transbaikalia / V.S. Lesovik, L. A. Urkhanova, A. M. Gridchin, S. A. Lkhasaranov // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9 (12). pp. 1016-1020.
14. The Dependence of the Aggregate Stability to Concrete of Modifying Additives Based on Halloysite Nanotubes in Water Environment on the Character of the Stabilizer / N. P. Lukutsova, I. A. Kulesh, S. N. Golovin, S. A. Andrushin // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 287-292.
15. Lukutsova N., Ustinov A. Concrete modified by additive based on biosilicated nanotubes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10 (19). Pp. 40457-40460.
16. Lightweight Concrete Based on Gypseous Binding Materials, Modified with Microcrystalline Cellulose, and Cavitationly Processed Sawdust / A. A. Pykin, E. Y. Gornostaeva, N. P. Lukutsova, J. S. Pykina // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 188-192.
17. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties / A. A. Volodchenko, V.S. Lesovik, L. H. Zagorodnjuk, A. N. Volodchenko // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10 (19). pp. 40617-40622.
18. Sand-clay raw materials for silicate materials production / A. N. Volodchenko, N. P. Lukutsova, E. O. Prasolova, V.S. Lesovik, A. A. Kuprina // Advances in Environmental Biology. 2014. Vol. 9 (12). Pp. 1087-1090.

DISPERSE-REINFORCED CONCRETE

©A. A. Pykin, N. P. Lukuttsova, S. N. Golovin, I. V. Moskina
 Bryansk State Engineering Technological University, Bryansk, Russia

The composition of disperse-reinforced polystyrene concrete for the manufacture of small-pieces load-bearing structural insulating wall products is developed. Its properties and microstructure are studied. It is composed of Portland cement, granular foamed polystyrene, basalt fibre, water and silica-containing modifier obtained by mixing condensed silica, superplasticizer S-3 and an aqueous solution of sodium water glass. The developed disperse-reinforced polystyrene concrete modified by silica-containing additive is characterized by higher values of adhesive strength (0.231 MPa), class by bending tension strength (Btb4), class by compressive strength (B5), cracking resistance coefficient (0.77), grade by frost-resistance (F,200) with a slight increase in the average density and thermal conductivity coefficient. The increase of physical and mechanical properties and frost resistance of polystyrene concrete of the developed composition is achieved by compaction and hardening of cement stone, improving its adhesion to granular foamed polystyrene due to the synergistic effect of a silica-containing modifier acting as an adhesive and structure-forming additive, and basalt fibre as a disperse-reinforcing component.

Keywords: polystyreneconcrete, dispersedreinforcement, basaltfibre, silica-containingmodifier, physic alandmechanicalproperties, frostresistance.

REFERENCES

1. Gornostaeva, E. Yu., Lasman, I. A., Fedorenko, E. A. and Kamoza E. V. (2015) 'Drevesno-tsementnye kompozitsii s modifitsirovannoi strukturoi na makro-, mikro- i nanourovnyakh' // *Stroitel'nye materialy*. [Wood-cement compositions with a modified structure at the macro, micro and nanoscale // *Building materials*.]. №11. Pp. 13-16.
2. Zhurba, O. V., Shchukina, E. G., Arkhincheeva, N. V., Zayakhanov, M. E. and Shchukin, E. A. (2007) 'Konstruktsionno-teploizolyatsionnyi polistirolbeton na osnove regenerirovannogo syr'ya' // *Stroitel'nye materialy*. [Structural and heat-insulating polystyrene concrete based on regenerated raw materials / *Building materials*.] №3. Pp. 50-54.
3. Klyuev, S. V., Lesovik, R. V., Kazlitina, O. V., Ntrebenko, A. V., Kalashnikov N. V. and Mitrokhin A. A. (2014) 'Kombinirovannoe dispersnoe armirovanie melkozernistogo betona na tekhnogennom syr'e i nanodispersnom modifikatore' // *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova*. [Combined dispersed reinforcement of fine-grained concrete on technogenic raw materials and nanodispersed modifier / *Vestnik of BSTU named after V. G. Shukhov*]. №3. Pp. 47-53.
4. Korotkikh, D. N. (2011). 'Dispersnoe armirovanie struktury betona pri mnogourovnevom treshchinoobrazovanii' // *Stroitel'nye materialy*. [Dispersed reinforcement of concrete structure with multilevel crack formation / *Building materials*]. №3. Pp. 96-99.
5. Saraikina, K. A., Golubev, V. A., Yakovlev, G. I., Sen'kov, S. A. and Politaeva, A. I. (2015) 'Nanostrukturirovanie tsementnogo kamnya pri dispersnom armirovanii bazal'tovym voloknom' / *Stroitel'nye materialy*. [Nanostructuring of cement stone with dispersed reinforcement with basalt fiber / *Building materials*]. №2. Pp. 34-38.
6. Semenov, V. S., Rozovskaya, T. A., Gubskii, A. Yu. and Gareeva, R. R. (2016) 'Primenenie khrizotilovogo volokna dlya dispersnogo armirovaniya stroitel'nykh rastvorov // Resursoenergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona'. [The use of chrysotile fiber for dispersed reinforcement of mortars / *Resource-energy-efficient technologies in the construction complex of the region*]. №7. Pp. 93-97.
7. Urkhanova, L. A., Lkhasaranov, S. A., Rozina, V. E. and Buyantuev, S. L. (2015) 'Melkozernisty bazal'tofibrobeton s nanokremnezemom' // *Stroitel'nye materialy*. [Fine-grained basalt fiber concrete with nanosilica / *Building materials*]. №6. Pp. 45-48.

8. Batayev, D. K.-S., Murtazaev, S.-A., Saidumov, M. S., Salamanova, M. Sh. and Aliev, S. A. (2016) Cement concrete composites on the basis of by-passed stone and stone milling wastes // *Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved)*. Vol. 61 (4B). Pp. 327-336.
9. Evelson, L. and Lukutsova, N. (2015) Some practical aspects of fractal simulation of structure of nano-modified concrete // *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol. 10 (19). Pp. 40454-40456.
10. Fediuk R., Pak A., Ginevskiy V., Stoyushko N. and Gladkova N. (2018) Environmental Hazard of Some Types of Expanded Polystyrene // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 115 (1). 012007.
11. Fediuk, R. S., Yevdokimova, Y. G., Smoliakov, A. K., Timokhin, R. A., Stoyushko, N. Y. and Batarshin, V. O. (2018) 'Nature raw materials of Russian PrimorskyKrai for concrete' / *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 87 (5). 052005.
12. Karpikov, E. G., Lukutsova, N. P., Bondarenko, E. A., Klyonov, V. V. and Zajcev, A. E. (2019) 'Effective Fine-Grained Concrete with High-Dispersed Additive Based on the Natural Mineral Wollastonite' // *Materials Science Forum*. Vol. 945. Pp. 85-90.
13. Lesovik, V. S., Urkhanova, L. A., Gridchin, A. M. and Lkhasaranov, S. A. (2014) 'Composite binders on the basis of pearlite raw material of Transbaikalia' // *Research Journal of Applied Sciences*. Vol. 9 (12). Pp. 1016-1020.
14. Lukutsova, N. P., Kulesh, I. A., Golovin, S. N. and Andrushin S.A. (2019). 'The Dependence of the Aggregate Stability to Concrete of Modifying Additives Based on Halloysite Nanotubes in Water Environment on the Character of the Stabilizer' // *Materials Science Forum*. Vol. 945. Pp. 287-292.
15. Lukutsova, N. and Ustinov, A. (2015). 'Concrete modified by additive based on biosilicated nanotubes' // *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol. 10 (19). Pp. 40457-40460.
16. Pykin, A. A., Gornostaeva, E. Y., Lukutsova, N. P. and Pykina, J. S. (2019). 'Lightweight Concrete Based on Gypseous Binding Materials, Modified with Microcrystalline Cellulose, and Cavitationly Processed Sawdust' // *Materials Science Forum*. Vol. 945. Pp. 188-192.
17. Volodchenko, A. A., Lesovik, V. S., Zagorodnjuk, L.H. and Volodchenko, A. N. (2015). 'Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties' // *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol. 10 (19). Pp. 40617-40622.
18. Volodchenko, A. N., Lukutsova, N. P., Prasolova, E. O., Lesovik, V. S. and Kuprina, A. A. (2014) Sand-clay raw materials for silicate materials production // *Advances in Environmental Biology*. Vol. 9 (12). Pp. 1087-1090.

РЕЦЕПТУРЫ НАПОЛНЕННЫХ ВЯЖУЩИХ С МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ФРАКЦИЕЙ ПРОДУКТОВ ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА И КИРПИЧНОГО БОЯ

© М. С. Сайдумов, Т. С-А. Муртазаева, А. Х. Аласханов

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

В работе представлены результаты исследования составов высокоактивных наполненных вяжущих с тонкомолотым наполнителем техногенного происхождения, предназначенных для получения высокоактивных монолитных бетонов. Предложены рецептуры оптимальных составов наполненных вяжущих. Исследованы пористость и микроструктура цементного камня на основе разработанных вяжущих. Изучено влияние времени помола и степени наполнения на величину удельной поверхности предлагаемых наполненных вяжущих. Разработана технологическая схема производства наполненного вяжущего с использованием наполнителей техногенной природы. Работа выполнена в рамках исследований по реализации научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).

Ключевые слова: наполненные вяжущие, тонкомолотый наполнитель, техногенное сырье, активность вяжущего, высокопрочные бетоны, плотная структура, цементный камень, эффективность, экология.

В настоящее время в условиях развития высотного строительства и возрастающих требований к материалам для их возведения современные бетоны становятся многокомпонентными композитами [1, 2]. Так, последние рецептуры высококачественных бетонов для высотного монолитного строительства включают 6-8 сырьевых компонентов – это, как правило, высокоактивные композиционные вяжущие, высококачественные заполнители, ультрадисперсные наполнители различной природы, химические модификаторы и т.д. При необходимости могут быть использованы дополнительные компоненты – различные микроармирующие вещества – фибры, красители – пигменты и другие добавки [3, 11, 12].

Строительная практика в нашей стране свидетельствует о внедрении таких монолитных составов бетонов на композиционных вяжущих, относящихся по их основным характеристикам к вяжущим низкой водопотребности, отличающихся от обычных цементов заметно низкой-нормальной густотой ($НГ \leq 20\%$).

Также широко используют комплексные модификаторы структуры и свойств на различной химической и (или) минеральной основе, обеспечивающие получение экономичных и долговечных бетонов; интенсивную технологию, обеспечивающую высокую однородность (гомогенизацию) состава с созданием в процессе образования структуры материала высокоплотной упаковки заполнителя и ее дальнейшего упрочнения [4, 13-15].

В связи с этим авторами работы поставлена задача разработать эффективные рецептуры наполненных вяжущих с использованием в качестве гидравлически активного наполнителя мелкодисперсной фракции продукта дробления бетонного лома и кирпичного боя для получения на их основе высококачественных (высокопрочных) бетонов для высотного монолитного строительства, с максимальным использованием при этом местного сырья, в том числе и техногенного происхождения.

В настоящее время различными учеными разработаны множество видов комплексных

вяжущих с самыми разнообразными свойствами – от высокоактивных и быстротвердеющих до безусадочных и расширяющих видов. Наиболее распространенными среди них являются: вяжущие низкой водопотребности (ВНВ), тонкомолотый многокомпонентный цемент (ТМЦ), впервые разработанные и исследованные профессором Ю.М. Баженовым и его учениками [3, 4, 9, 10]. Однако требования к строительным материалам, отражающие действительность динамично развивающегося современного строительства, диктуют постоянные корректировки имеющих составов и разработки новых видов вяжущих. Так, в работе нами поставлена задача разработать наполненные вяжущие с использованием местного природного и техногенного сырья Чеченской Республики для получения высококачественных бетонов с высокими технологическими, физико-механическими и эксплуатационными показателями.

На основании сравнительных результатов исследования активности тонкомолотых минеральных наполнителей техногенной природы (МНТП), представленных в работе [5, 6], в качестве наполнителя для получения наполненных вяжущих нами использованы два вида наполнителя: МНТП из бетонного лома и керамического кирпичного боя (ККБ) соотношением 70:30%. Использование МНТП из бетонного лома обосновано тем, что он при дополнительном помоле проявляет свойства вяжущего низкой активности за счет имеющихся в его составе не полностью прогидратировавших зерен цементного клинкера [5], а МНТП из кирпичного боя улучшает водоудерживающую способность бетонных смесей [7, 16].

В качестве химического активатора в наполненных вяжущих использовалась высокоэффективная комплексная полифункциональная добавка Д-5, выпускаемая ООО «ТОКАР» (г. Владикавказ) в виде сухого порошка, которая способствует образованию в структуре бетона сети мелких замкнутых капиллярных пор с высокой непроницаемостью.

Технологический процесс получения наполненных вяжущих (рис. 1) включает следующие операции: подготовка и дозирование

сырьевых компонентов, их механо-химическая активация совместным помолом, упаковка, хранение (при необходимости) и выдача готовой продукции потребителю.

В качестве вяжущего в экспериментальных исследованиях использовались бездобавочные портландцементы марки ПЦ 500 Д0 производства ГУП «Чеченцемент» (Чеченская Республика, с. Чири-Юрт) и «Новоросцемент» марки ПЦ 500 Д0 производства ОАО «Верхнебаканский цементный завод» (г. Новороссийск, п. Верхнебаканский).

Анализ результатов исследований по разработке вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), полученных проф. Ю.М. Баженовым (таблица 1), показывает, что их водопотребность в бетонных смесях снижается до 30%, что заметно повышает его эффективность.

Как утверждает Ю.М. Баженов [8], транспортировка и хранение таких высокоактивных вяжущих приводит к быстрой потере их активности. Известно, что даже обычный портландцемент М500 уже через 2-3 месяца хранения теряет свою активность на 20% и выше. Поэтому на практике цементы выше М600 массово не производятся ни в одной стране.

На практике использование высокоактивных ВНВ с существенно низкой водопотребностью способствует значительному снижению расхода клинкерной части при получении бетона заданной прочности. Так, бетонные смеси на ВНВ можно получать как умеренно подвижные, так и высокоподвижные (литые), что существенно упрощает технологию формования. Наконец, бетоны на ВНВ характеризуются достаточно быстрым набором прочности в ранние сроки твердения.

На основании анализа литературных данных и опыта получения и использования высокоактивных комплексных вяжущих нами была разработана рецептура наполненных вяжущих с использованием местного техногенного сырья (таблица 2).

Наполненные вяжущие (НВ) на основе продуктов дробления бетонного лома, портландцемента и комплексной полифункциональной добавки Д-5 указанных составов были получены путем их совместного помола до удельной поверхности 550-580 м²/кг.

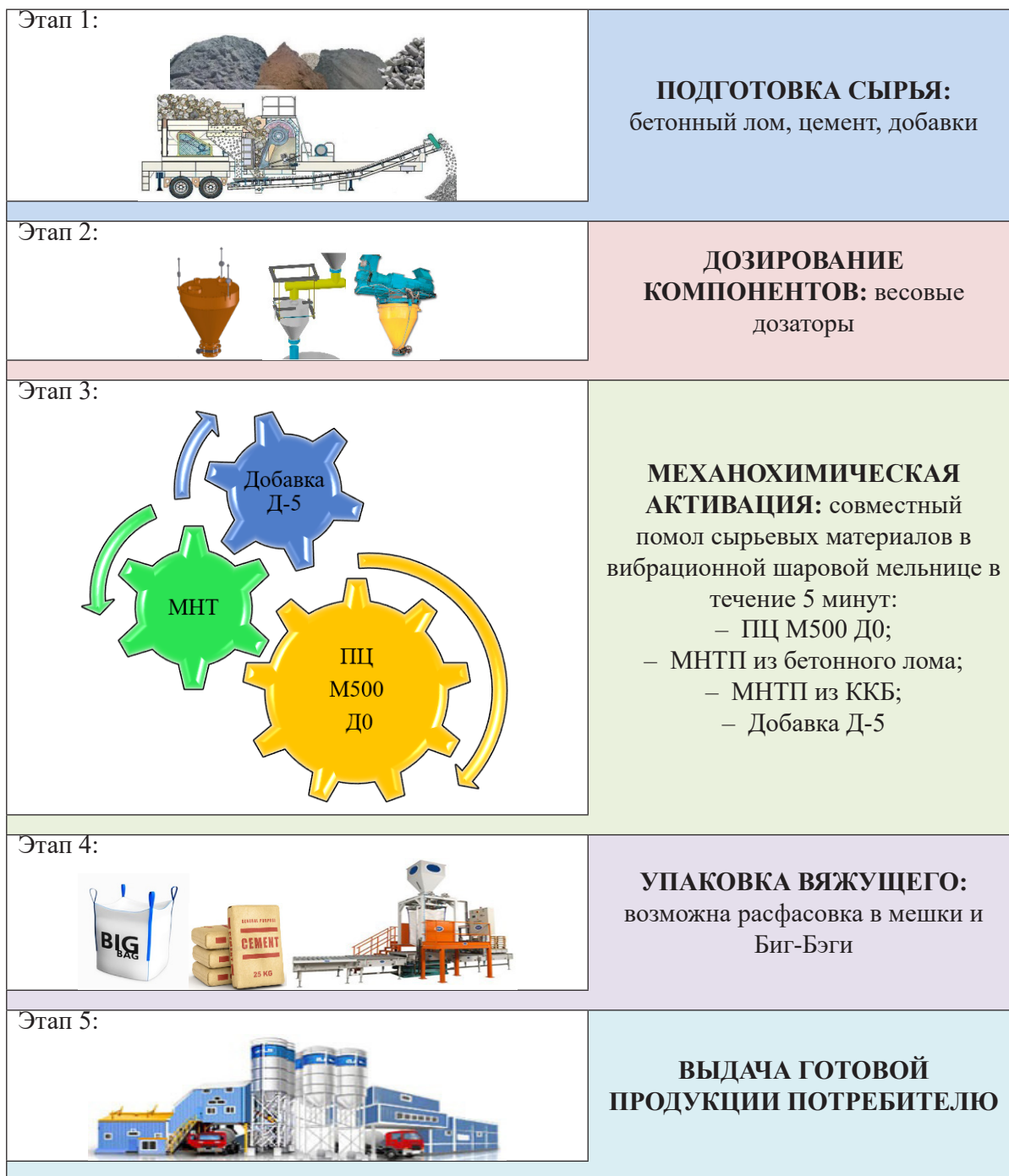


Рис. 1. – Схема производства наполненного вяжущего с использованием наполнителей техногенного природы

Объем и характер пор цементного камня, образованного из портландцемента и полученных составов НВ, во многом определяющие физико-механические показатели цементных композиций, включая его прочность, морозо- и коррозионную стойкость, проницаемость и др., исследовались нами методом ртутной порометрии (таблица 3).

Анализ данных таблицы 3 показывает, что пористость цементного камня, образованного из обычного портландцемента, резко отличается от цементного камня на основе НВ. Так, в 2 раза снижается количество пор с диаметром более 2,0 мкм, в 4 раза уменьшается содержание капиллярных пор диаметром 2,0-0,2 мкм, происходит сдвиг эф-

Таблица 1 – Составы и свойства ВНВ [8]

Наименование вяжущего	Наименование минерального наполнителя	Нормальная густота, %	Активность в 28 суток, МПа $R_{изг} / R_{сж}$
ПЦ М500Д0	-	26	6/53
То же с добавкой С-3 в количестве 1,0%	-	22	8/64
ВНВ100	-	15	10/88
ВНВ50	Песок строительный	16	7/61
ВНВ30	То же	18	6/42
ВНВ50	Шлак доменный гранулированный	17	7/60
ВНВ30	Зола-унос	18	6/53

Таблица 2 – Рецептuru наполненных вяжущих (НВ) с тонкомолотым минеральным наполнителем техногенной природы (МНТП)

Вид вяжущего	Состав НВ, % по массе			
	ПЦ М500 Д0 «Чеченцемент»	МНТП		Добавка Д-5
		из бетонного лома	из ККБ	
Наполненное вяжущее марки НВ-75:25	75	16	7	2
То же, НВ-60:40	60	27	11	2

Таблица 3 – Характеристики порового пространства цементного камня в зависимости от вида вяжущего

Наименование вяжущего	Пористость, %	Диаметр пор, мкм, и их содержание, %			
		Более 2	2-0,2	0,2-0,02	0,02-0,004
Чеченцемент	14,04	1,14	9,04	2,58	1,28
Новоросцемент	12,37	1,05	8,01	2,05	1,26
НВ-75:25	8,93	0,48	2,04	5,17	1,44
НВ-60:40	9,22	0,55	2,54	4,75	1,38

фективного диаметра пор в сторону тонких капилляров.

Это хорошо видно на кривых распределения пор по размерам в цементном камне, в зависимости от вида используемого вяжущего (рис. 2).

Также установлено, суммарная пористость бетона на НВ практически в 1,4-1,6 раза меньше микропористости цементного камня на обычном портландцементе.

Кроме того, электронно-микроскопические данные позволили констатировать, что цементный камень на основе НВ имеет более плотную в сравнении с обычным цементным камнем структуру, которая представлена высокоплотной упаковкой частиц клинкерных минералов (рис. 3).

При этом отмечается точечное (избирательное) распределение поверхностно-актив-

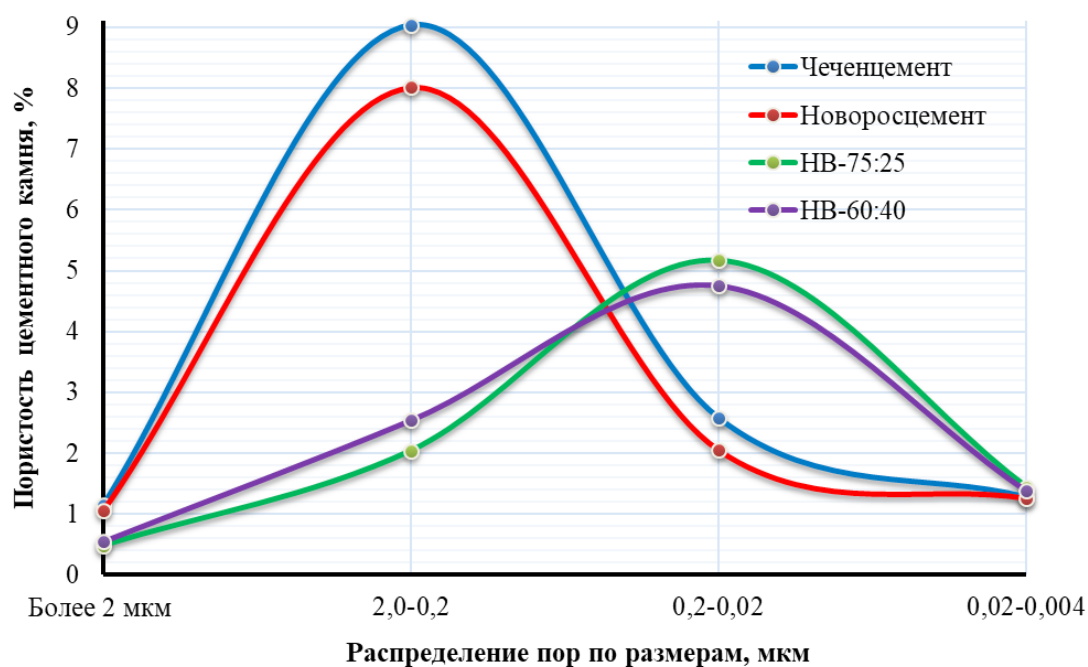


Рис. 2. – Кривые распределения пор по размерам в цементном камне в зависимости от вида вяжущего

ных веществ (ПАВ) на зернах клинкерной части, а не эффект «припудривания». Именно поэтому для НВ в начальный период твердения характерно замедление процесса гидратации на 2-3 часа, а иногда и более. Такое явление у НВ наблюдается как следствие сопротивления «пленки» на поверхности зерен вяжущего, образованной частицами ПАВ, диффузионному проникновению жидкой фазы к микротрещинам цементного зерна. В течение данного периода диспергированные частицы цемента, защищенные ПАВ, практически не реагируют с водой затворения, но когда за счет дефлокулирования частиц ПАВ устанавливается контакт воды с поверхностью цементного зерна, скорость гидратации последнего резко возрастает, что приводит к быстрому набору прочности бетонного композита. Такое описание данного процесса подтверждается полученными кривыми изменения температуры цементного теста во времени (рис. 4).

Температуру замеряли через каждые 20 мин до достижения максимального значения термометром, опущенным в сосуд Дьюара, заполненный бетонной смесью и закрытый пробкой.

По результатам измерений получен график зависимости «температура – время» (см. рис. 4).

На кривых изменения температуры цементного теста во времени хорошо видны периоды достаточно резкого повышения тепловыделения клинкерной части, которые считаются концом схватывания вяжущего. У НВ и ПЦ эти периоды отличаются друг от друга (см. рис. 4, кривые 1 и 2). При этом экзотермия НВ на 20% ниже тепловыделения цементного теста, полученного с использованием ПЦ, и наступает заметно позже (примерно через 2,5-3 часа после затворения). Получается, что период протекания экзотермических реакций гидратации цемента у НВ заметно растянут во времени за счет действия ПАВ, создающего «эффект вязкофазного микрокапсулирования» зерен вяжущего, предотвращающего его контакт с водой. А конец действия ПАВ, когда уже отдельными участками начинается дефлокулирование «оболочки» вокруг цементного зерна, наступает не одновременно для всех зерен цемента, как в бездобавочной бетонной смеси на ПЦ, а как бы носит стадийный или «много-

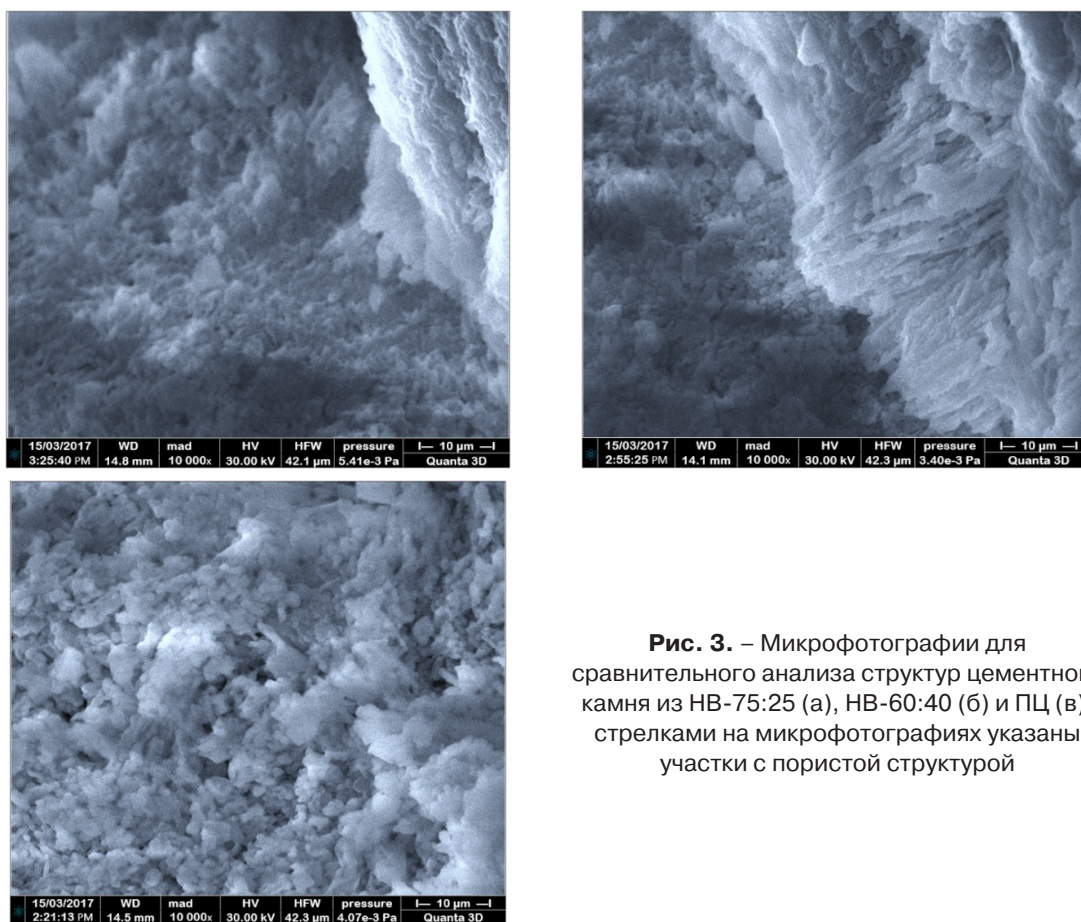


Рис. 3. – Микрофотографии для сравнительного анализа структур цементного камня из НВ-75:25 (а), НВ-60:40 (б) и ПЦ (в): стрелками на микрофотографиях указаны участки с пористой структурой

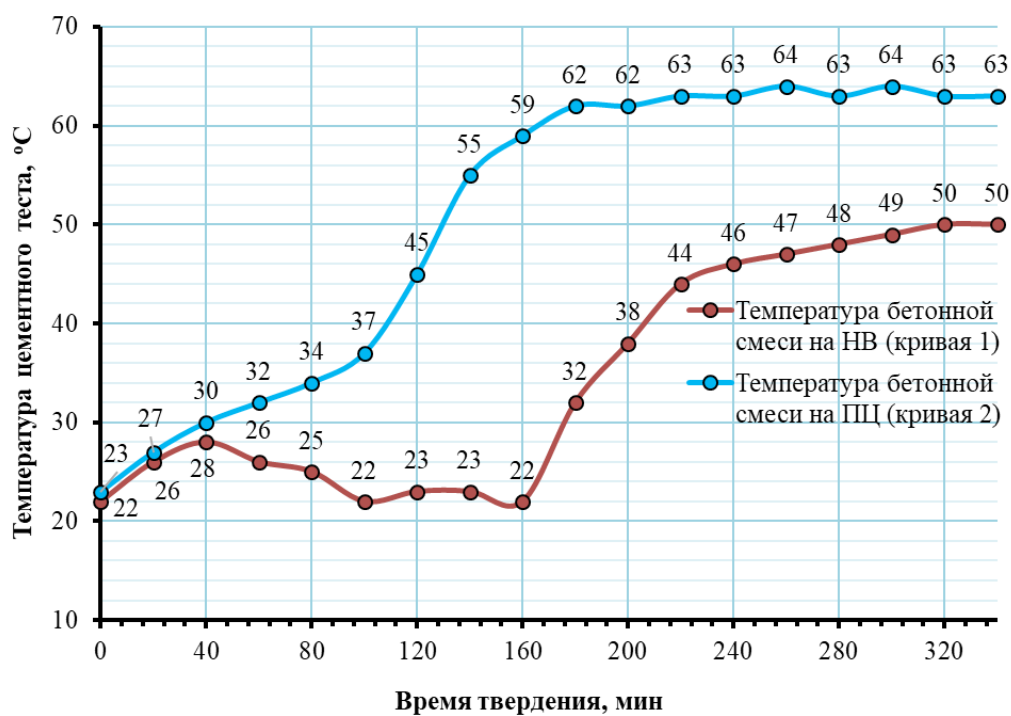


Рис. 4. – Изменение температуры цементного теста из НВ-60:40 (кривая 1) и ПЦ марки М500 ДО (кривая 2) от времени твердения

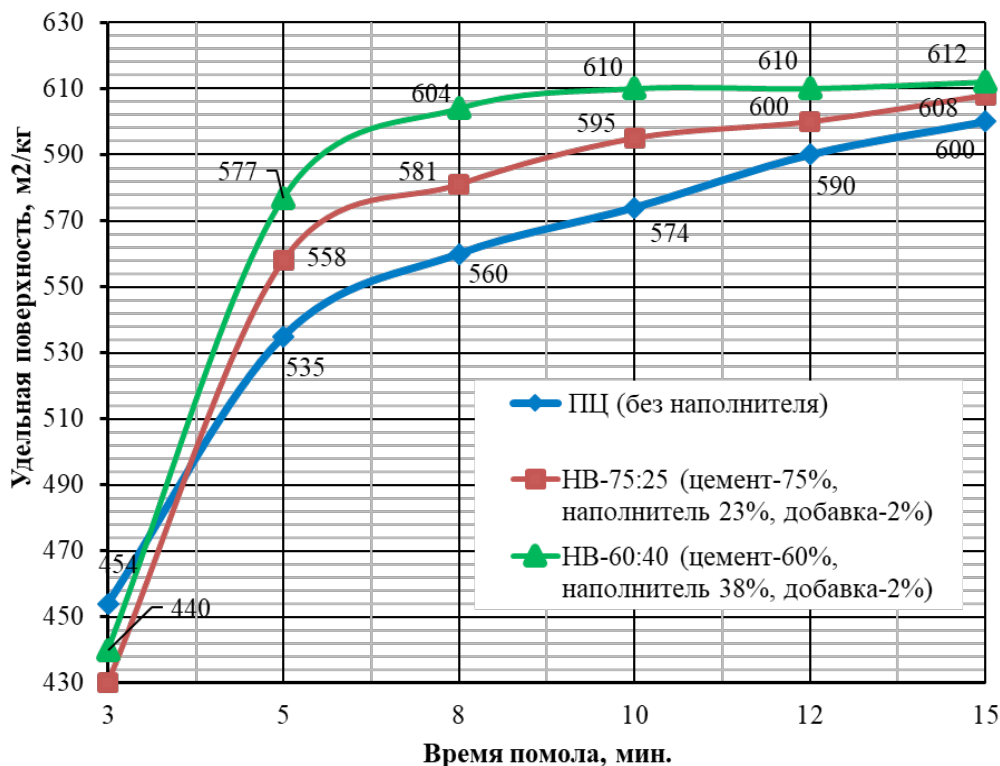


Рис. 5. – Влияние времени помола и степени наполнения на величину удельной поверхности НВ

ступенчатый» характер. При этом для контакта с водой на первой стадии открывается не вся поверхность зерна, а лишь частично – «коридорами», площадь которых увеличивается со временем.

Данные свойства НВ показывают, что этот тип вяжущих резко отличается от известных ранее традиционных вяжущих, и делают его наиболее эффективным видом вяжущего для монолитного бетонирования массивных конструкций, где требуется применять способы и механизмы по управлению температурными параметрами бетонной смеси и бетона в конструкции в процессе ее выдерживания.

Механохимическая обработка сырьевой смеси для НВ способствует интенсивному измельчению ПАВ, частицы которого распределяются на поверхности зерен МНТП и вяжущего за счет адгезионных сил. При этом в условиях контактных взаимодействий указанных зерен между собой и с мелящими телами интенсифицируется процесс «размазывания» прилипших частиц ПАВ и МНТП по поверхности цемента, что свидетельствует об эффективности совместного помола сырьевых

компонентов НВ. Это хорошо видно на полученных кривых зависимостей свойств НВ от его удельной поверхности, времени помола и степени наполнения (рис. 5).

С увеличением времени помола кривая удельной поверхности вяжущего возрастает и носит нелинейный характер (см. рис. 5). Заметный рост данного показателя, как видно на графике, установлен при времени помола в течение 5 минут. Дальнейшее увеличение времени измельчения не приводит к резкому увеличению тонкости помола вяжущего и было экономически нецелесообразно.

Кроме того, установлена эффективность совместного помола вяжущего в присутствии наполнителя из бетонного лома и ПАВ. Так, совместное измельчение частиц вяжущего на момент его 5-го помола на 5-10% эффективнее отдельного, что гораздо больше упрощает технологию получения НВ, снижает энерго- и трудозатраты и сокращает время помола материала. При этом эффект тем больше, чем выше содержание наполнителя в НВ.

Исследования физико-механических характеристик наполненного вяжущего с МНТП

Таблица 4 – Состав и свойства НВ с минеральным наполнителем техногенной природы (МНТП)

Наименование вяжущего	НГ, %	S _{уд} вяжущего, м ² /кг	Истинная плотность, кг/м ³	Водоотделение, %	Сроки схватывания, час. – мин.		Активность, МПа
					начало	конец	
НВ-75:25	17	558	2986	15,5	3-40	5-30	71,3
НВ-60:40	19	577	2905	14,7	3-55	5-35	60,7
ПЦ М500 Д0 ГУП «Чеченцемент» (для сравнения)	26	325	3115	18,0	2-15	3-40	52,6

из бетонного лома и ККБ позволили установить, что активность таких вяжущих после помола в сравнении с активностью традиционно применяемого ПЦ М500 Д0 возрастает в 1,5-1,8 раза (таблица 4).

С увеличением доли наполнителя снижается плотность НВ с 3,12 г/см³ до 2,91-2,99 г/см³. Улучшаются показатели водопотребности и водоотделения вяжущего. Так, процент НГ наполненных вяжущих марок НВ-75:25 и НВ-60:40 снижается с 26% для обычного ПЦ до 17 и 19% соответственно (снижение водопотребности более чем на 30%). Заметно снижается и водоотделение цементного теста, полученного из НВ (на 15-20%), что существенно улучшает показатели стабильности цементных суспензий в высокоподвижных бетонных смесях.

Таким образом, разработаны и исследованы рецептуры наполненных вяжущих (НВ) с активностью 60-71 МПа с тонкодисперсными МНТП из бетонного лома и кирпичного боя с соотношением 70:30% соответственно, при этом доля смеси наполнителя в НВ составила

25 и 40% от массы вяжущего. Использование МНТП из бетонного лома обусловлено ее гидравлической активностью благодаря непрогидратировавшим зернам цемента в составе бетонного лома в количестве до 20-25% от вяжущего, использованного при приготовлении утилизируемого бетона, которые, располагаясь между частицами НВ, заметно упрочняет цементный камень путем снижения дифференциальной пустотности исходной водоцементной пасты в сторону более меньших по размеру пор и пустот, что обуславливает формирование цементной матрицы с меньшими размерами капиллярных пор.

Использование в технологии высокопрочных бетонов разработанных НВ будет способствовать повышению степени утилизации техногенного сырья, применяемого в их составах как тонкомолотый минеральный наполнитель, улучшит качество цементного камня в таких бетонах за счет его низкой пористости и пустотности, а также даст значительный экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю. М. Технология бетона: учеб. пособие для технологических специальностей строит. вузов. 3-е изд. М.: АСВ, 2011. 500 с.
2. Чумаков Л. Д. Технология заполнителей бетона [Электронный ресурс]. 2-е изд., исправленное и дополненное. М.: Издательство АСВ, 2011. 264 с.
3. Технология бетона, строительных изделий и конструкций / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин и др. М.: Изд-во АСВ, 2008. 350 с.
4. Баженов Ю. М. Бетоны XXI века // Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций: сб. науч. тр. Междунар. конф. Белгород, 1995. С. 3-5.

5. *Муртазаева Т. С-А.* Высокопрочные бетоны на основе вторичного сырья: дисс. ... канд. техн. наук 05.23.05. Грозный, 2018. С. 68-80.
6. Сайдумов М. С. Отсевы дробления бетонного лома и горных пород для получения бетонных композитов: дисс. ... канд. техн. наук 05.23.05. Белгород, 2012. 216 с.
7. *Хаджиев, М. Р.* Керамобетон на основе вторичных заполнителей из кирпичного боя для мелкоштучных стеновых изделий: дисс. ... канд. техн. Наук 05.23.05. Махачкала, 2015. 158 с.
8. *Баженов, Ю. М.* Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2007. 526 с.
9. *Муртазаев С-А. Ю. Саламанова М. Ш.* Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Журнал «Устойчивое развитие горных территорий». 2015. № 1 (23). С. 23-28.
10. Self-consolidating concretes with materials of the Chechen Republic and neighboring regions/ *Salamanova M., Khubaev M., Saidumov M., Murtazayeva T.* // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. С. 12719-12724.
11. Повышение морозостойкости асфальтобетонов за счет использования пористого минерального порошка / *А. А. Солдатов, Д. П. Швачев, Д. А. Воробьев, М. А. Жуковская* // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: материалы III-ей ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. С. 185-188.
12. Высококачественные бетоны на основе местных сырьевых материалов, модифицированные нанотрубками / *Н. С. Гончарова, В. Т. Перцев, В. В. Власов и др.* // Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж: 2012. № 2 (26). С. 46-54.
13. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* On effect of super plasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // Matec Webof conferences 27. Sep. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018". 2018. С. 4018.
14. Recycled Technogenic Raw Materials as an Effective Filler for Modern Construction Composites / *S-A. U. Murtazayev, M. Sh. Mintsayev, A. Kh. Alaskhanov, M. S. Saidumov, M. Z. Duskayev* // International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research. 22.12.2018. Vol. 177. P. 271-274. doi:10.2991/isees-18.2018.52.
15. *Galkin Yu. Yu., Udodov S. A., Vasileva L. V.* The phase composition and properties of aluminate cements after early loading // Инженерно-строительный журнал. 2017. № 7 (75). С. 114-122.
16. Influence of Plasticizer Introduction Method on the Efficiency of Cement Suspensions / *M. S. Saidumov, T. S-A. Murtazaeva, A. Kh. Alaskhanov, M. S-M. Khubaev, R. S-A. Murtazaeva* // International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research. 22.12.2018. Vol. 177. P. 267-270. doi:10.2991/isees-18.2018.51.

THE RECIPES FOR FILLED INSULATING PRODUCTS OF CONCRETE SCRAP AND BRICKED PRODUCTS CRUSHING WITH A FINE FRACTURE

© M. S. Saidumov, T. S.-A. Murtazaeva, A. Kh. Alaskhanov
GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

The paper presents the results of a study of the compositions of highly active filled binders with fine-ground filler of technogenic origin, intended for the production of highly active monolithic concrete. The proposed formulation of the optimal compositions filled with binders. The porosity and microstructure of the cement stone based on the developed binders are investigated. The effect of grinding time and degree of filling on the specific surface area of the proposed filled binders has been studied. A flow chart has been developed for the production of a filled binder using technogenic fillers.

The work was performed as part of research on the implementation of the research project № 18-48-200001 "High-quality concretes with enhanced performance properties based on local natural and technogenic raw materials" received support from the Russian Foundation for Basic Research (RFBR).

Keywords: filled binders, finely ground filler, technogenic raw materials, binders activity, high-strength concrete, dense structure, cement stone, efficiency, ecology.

REFERENCES

1. Bazhenov, Ju. M. (2011) *Tehnologija betona [Concrete technology] Ucheb. Posobie dlja tehnologicheskikh special'nostej stroit. Vuzov [Study guide for technology specialties of Civil Engineering Universities]. 3 ded. Moscow: ACV. 500 p.*
2. Chumakov, L. D. (2011) *Tekhnologiya zapolnitelei betona, 2-e izd., ispravlennoe i dopolnennoe [Concrete Aggregate Technology, 2nd ed., revised and supplemented]. Moscow: Publishing House ACV. 264 p.*
3. Bazhenov Yu. M, Alimov L.A. and Voronin V.V. (2008) *Tekhnologiya betona, stroitel'nykh izdelii i konstruksii [Technology of concrete, building products and structures]. Moscow: Publishing House ACV. 350 p.*
4. Bazhenov, Yu. M. (1995) 'Betony XXI veka 'Resurso- i energosberegayushchie tekhnologii stroitel'nykh materialov, izdelii i konstruksii: sb. nauch. tr. Mezhdunar. konf.' [Concretes of the XXI century. Resource- and energy-saving technologies of building materials, products and structures: collection of int. conf. scientific papers]. Belgorod, pp. 3-5.
5. Murtazaeva, T.S. A. (2018) *Vysokoprochnye betony na osnove vtorichnogo syr'ya: diss. ... kand. tekhn. nauk. [High-strength concrete based on recycled materials]: diss....05.23.05 kand. oftech. sciences. Grozny, pp. 68-80.*
6. Saidumov, M. S. (2018) *Otsevy drobleniya betonogo loma i gornykh porod dlya polucheniya betonnykh kompozitov: diss.: ... 05.23.05 kand. tekhn. nauk. [Screenings for crushing concrete scrap and rocks to obtain concrete composites]. Belgorod, 216 p.*
7. Khadzhiev, M. R. (2015) *Keramobeton na osnove vtorichnykh zapolnitelei iz kirpichnogo boya dlya melkoshtuchnykh stenovykh izdelii: diss....05.23.05 kand. tekhn. nauk. [Ceramic concrete based on secondary aggregates of brick battle for small-piece wall products diss.:... cand. tech. sciences. Makhachkala, 158 p.*
8. Bazhenov, Yu. M. (2007) *Tekhnologiya betona [Concrete technology]. M.: Publishing House ACV, 526 p.*
9. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' [High-strength concrete using fractionated aggregates from rock waste]. *Ustoichivoe razvitie gornykh territorii // Journal "Sustainable Development of Mountain Territories" № 1 (23). Pp. 23-28.*

10. Salamanova, M., Khubaev, M., Saidumov M. and Murtazaeva, T. (2016) Self-consolidating concretes with materials of the chechen republic and neighboring regions // *International Journal of Environmental and Science Education*. V. 11. №18. Pp. 12719-12724.
11. Soldatov, A. A., Shvachev, D. P., Vorob'ev, D. A. and Zhukovskaya, M. A. (2015) 'Povyshenie morozostoikosti asfal'tobetonov za schet ispol'zovaniya poristogo mineral'nogo poroshka' // *Aktual'nye problem stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti: materialy III-ei ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta*. [Increased frost resistance of asphalt concrete through the use of porous mineral powder] Severo-Kavkazskii federal'nyi universitet. Pp. 185-188.
12. Pertsev, V. T., Goncharova, N. S., Pertsev, V. T. and Vlasov, V. V. (2012) 'Vysokokachestvennye betony na osnove mestnykh syr'evykh materialov, modifitsirovannye nanotrubkami' [High-quality concrete based on local raw materials, modified with nanotubes]. *Voronezhskii gosudarstvennyi arkhitekturno-stroitel'nyi universitet*. Voronezh. №2 (26). Pp. 46-54.
13. Nesvetaev, G., Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018) 'On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete' In collection: *Mat. Web of Conferences 27. Ser. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018"*. Pp. 4018.
14. Murtazayev, S-A. U., Mintshev, M. Sh., Alaskhanov, A. Kh., Saidumov, M. S. and Duskeyev, M. Z. (2018) 'Recycled Technogenic Raw Materials as an Effective Filler for Modern Construction Composites' *International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research*. Vol. 177. Pp. 271-274. doi:10.2991/isees-18.2018.52.
15. Udodov, S. A., Galkin, Yu. Yu., Udodov, S. A. and Vasil'eva L. V. (2017) 'The phase composition and properties of aluminate cements after early loading' *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. №7 (75). Pp. 114-122.
16. Saidumov M.S., Murtazaeva T. S-A., Alaskhanov A.Kh., Khubaev M. S-M. and Murtazaeva R. S-A. (2018) 'Influence of Plasticizer Introduction Method on the Efficiency of Cement Suspensions' *International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research*. Vol. 177. Pp. 267-270. doi:10.2991/isees-18.2018.51.

СПОСОБЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ

© М. Ш. Саламанова, С. А. Алиев, Р. С-А. Муртазаева

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

В процессе обжига портландцементного клинкера в электрофильтрах вращающихся печей скапливается большое количество пыли, как клинкерной, так и аспирационной, поэтому рациональное использование этих продуктов, содержащих определенную долю полноценного сырьевого ресурса, является актуальной задачей индустрии цемента. В данной работе представлены результаты исследований цементной пыли, проведен энергодисперсионный и сравнительный анализ исследуемых порошков, а также приводится возможный способ утилизации цементной пыли для получения бесклинкерных цементов щелочной активации и бетонов на их основе. Разработанные рецептуры бесклинкерных вяжущих с применением отходов цементной промышленности и натриевого жидкостеклового затворителя позволяют получать менее затратные, прочные и долговечные композиты, которые позволяют частично заменять традиционный бетон на дорогом портландцементе.

Работа выполнена в рамках исследований по реализации научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья», получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).

Ключевые слова: техногенное сырье, портландцементный клинкер, аспирационная пыль, пыль электрофильтров, щелочные металлы, дисперсность, вращающаяся печь, пылеунос.

Портландцемент на протяжении многих лет считается наиболее востребованным материалом в строительной индустрии. Производство его и промышленное потребление стремительно растет из года в год и является немаловажным показателем экономического развития страны. Но согласно данным СРСВ (Central Pollution Control Board) [1, 2-7] производство портландцемента можно отнести к категории вредных производств по количеству выбросов в окружающую среду. Выбросы различного характера присутствуют практически на всех технологических переделах производства цемента. Среди вредных веществ, содержащихся в газовоздушных выбросах, можно заметить аспирационную и клинкерную пыль вращающихся печей, известь, большие объемы углекислоты и сернистых соединений, диоксины и др. [3, 4, 15-20].

В процессе обжига портландцементного клинкера в электрофильтрах вращающихся печей скапливается большое количество пыли, как клинкерной, так и аспирационной, поэтому

рациональное использование этих продуктов, содержащих определенную долю полноценного сырьевого ресурса, является актуальной задачей индустрии цемента. Необходимо отметить, что повторное использование пыли электрофильтров возвратом в печь невозможно, так как в ней находится определенное количество щелочесодержащих примесей, а это негативно скажется на качестве клинкера.

В данной работе представлен возможный способ утилизации цементной пыли для получения бесклинкерных цементов щелочной активации и бетонов на их основе. Возможность проведения данных разработок была оправдана тем, что в Чеченской Республике функционирует с 1974 года цементный завод, и обжиг портландцементного клинкера производят в двух вращающихся печах, с производительностью по клинкеру 1200 тонн в сутки [3,19]. Нами была исследована цементная пыль, собранная из электрофильтров, расположенных в двух разных частях печи. В холодном конце печи выделяется пыль, называемая аспираци-

Таблица 1 – Свойства пыли электрофильтров

№	Пыль электрофильтров	Истинная плотность, г/см ³	Насыпная плотность, г/см ³	Удельная поверхность, м ² /кг
1	Аспирационная пыль	2,59	1,13	210
2	Клинкерная пыль	3,12	1,24	280

онной, по своему составу она схожа с составом исходной сырьевой смеси. В последней горячей зоне печи, на участках охлаждения и галереи клинкерных конвейеров образуется клинкерная пыль. Клинкерная пыль представляет собой порошок темно-серого цвета, довольно абразивный. Тонкость помола, определяемая просеиванием на сите № 008, показала остаток 23%. Аспирационная пыль – это порошок светло-бежевого цвета, значительно дисперснее клинкерной пыли, тонкость помола составила 18%. Удельную поверхность исследуемых порошков исследовали на приборе ПСХ-12 по методу воздухопроницаемости, в таблице 1 приводятся свойства отобранных проб.

Энергодисперсионный микроанализ исследуемых порошков пыли электрофильтров, выполненный с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 3D 200 i с интегрированной системой микроанализа GenesisApex 2 EDS от EDAX, показал схожесть химических составов клинкерной и аспирационной пыли соответственно с порландцементным клинкером и исходной сырьевой смеси. Но необходимо отметить, что оксид щелочного металла K_2O в пробе аспирационной пыли составляет 6,43%, тогда как в клинкерной он снижается до 1,57% (таблица 2). Объяснением этому слу-

жит то, что клинкерная пыль образовалась в горячей зоне твердофазового синтеза вращающейся печи при температурах 1300^oC и выше, здесь и происходит выгорание и разложение оксидов щелочных металлов [5-8].

Микрофотографии, полученные с помощью растрового электронного микроскопа, дают нам сравнительный анализ структуры пыли электрофильтров, зерна клинкерной пыли, при увеличении в 5000 раз, представлены крупными объемными частичками с явно выраженной спайностью, мелкими листочками, наблюдается явное присутствие минералов (рис. 1). Осмотр микрофотографий аспирационной пыли показал, что зерна обладают более рыхлой, пористой структурой, можно наблюдать начальную стадию минералообразования (рис. 2).

Как отмечалось ранее [4], повторный возврат пыли электрофильтров в технологический цикл нецелесообразен, так как химический анализ подтверждает присутствие щелочных металлов, содержание которых по ГОСТ строго ограничено, не более 0,67%, к тому же установлено добавление аспирационной пыли в сырьевую смесь, что приводит к загустеванию шлама и затруднит транспортировку последнего в питатели вращающихся печей.

Таблица 2 – Химический состав пыли электрофильтров

Оксидный состав	Клинкерная пыль	Аспирационная пыль
MgO	1,49	0,97
Al ₂ O ₃	4,11	4,68
SiO ₂	16,89	20,31
K ₂ O	1,57	6,43
CaO	71,64	64,15
Fe ₂ O ₃	4,3	3,47

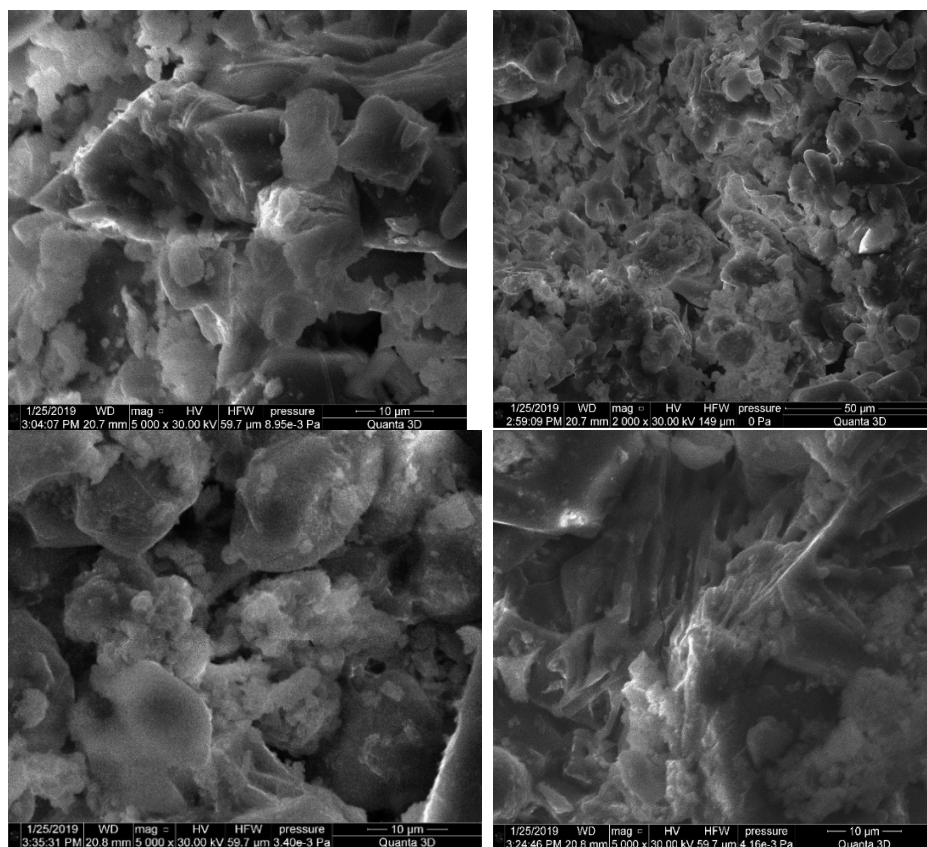


Рис. 1. Микрофотографии зерен клинкерной пыли, при различных увеличениях

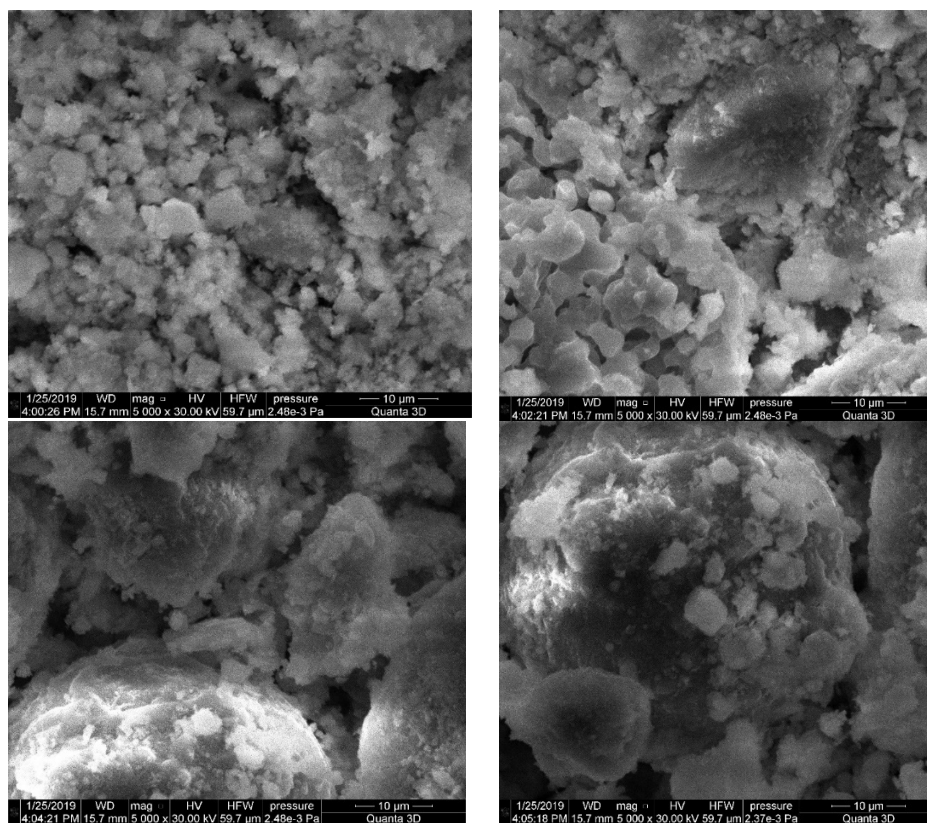


Рис. 2. Микрофотографии зерен аспирационной пыли, при различных увеличениях

Таблица 3 – Рецептуры и свойства вяжущих материалов щелочной активации

Свойства вяжущих	Цементная пыль	
	klinkерная пыль	аспирационная пыль
Водотвердое отношение	0,25	0,25
Начало схватывания, мин	34	26
Конец схватывания, мин	45	42
Средняя плотность, кг/м ³	2090	2080
Водопоглощение, %	5,6	4,2
Активность, МПа:		
7 сут	32,5	24,1
28 сут	68,7	49,6

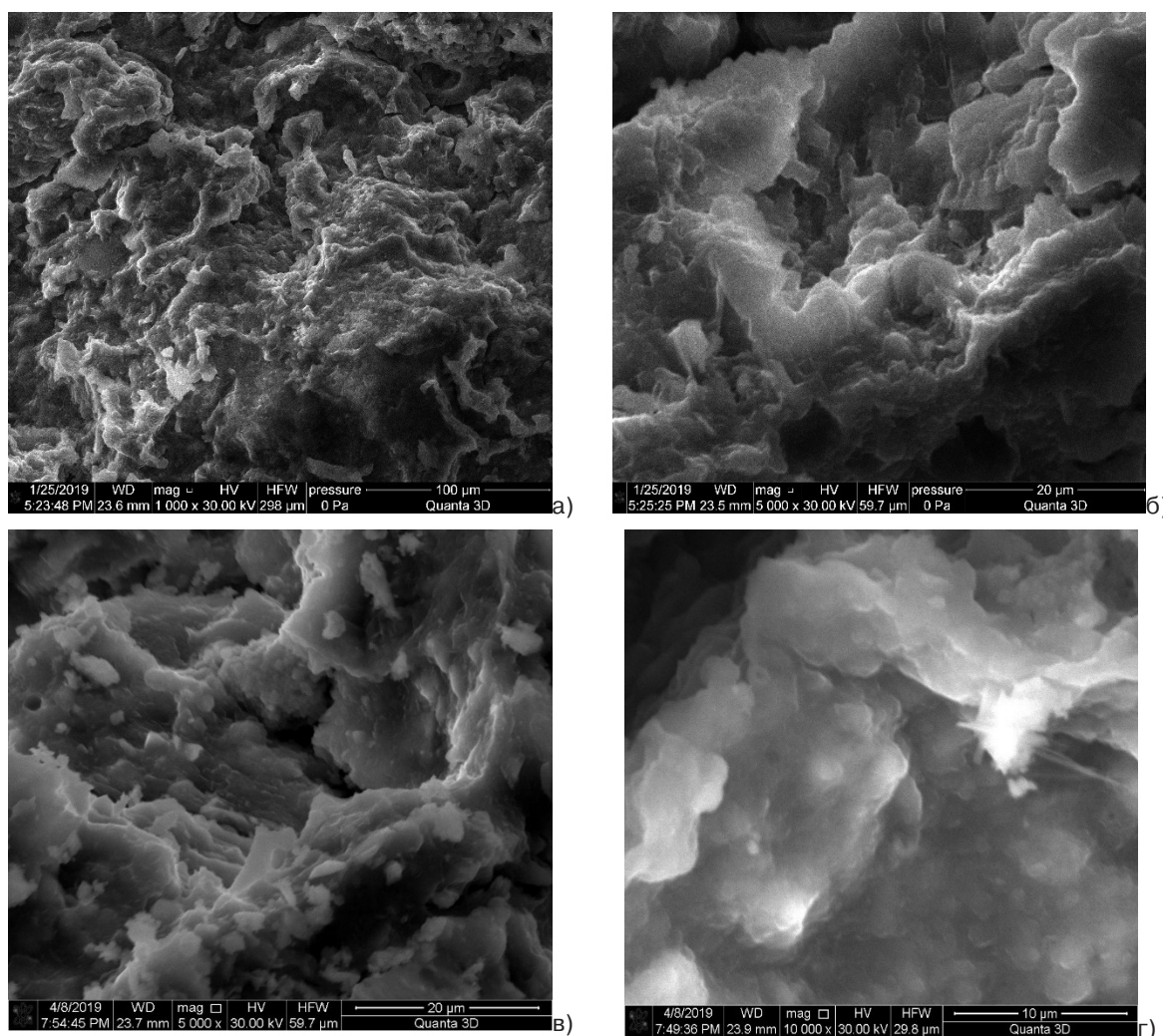


Рис. 3. Микрофотографии цементного камня из аспирационной пыли, затворенного жидкостекольным вяжущим, при различных увеличениях, в возрасте 7 суток (а, б) и 28 суток (в, г)

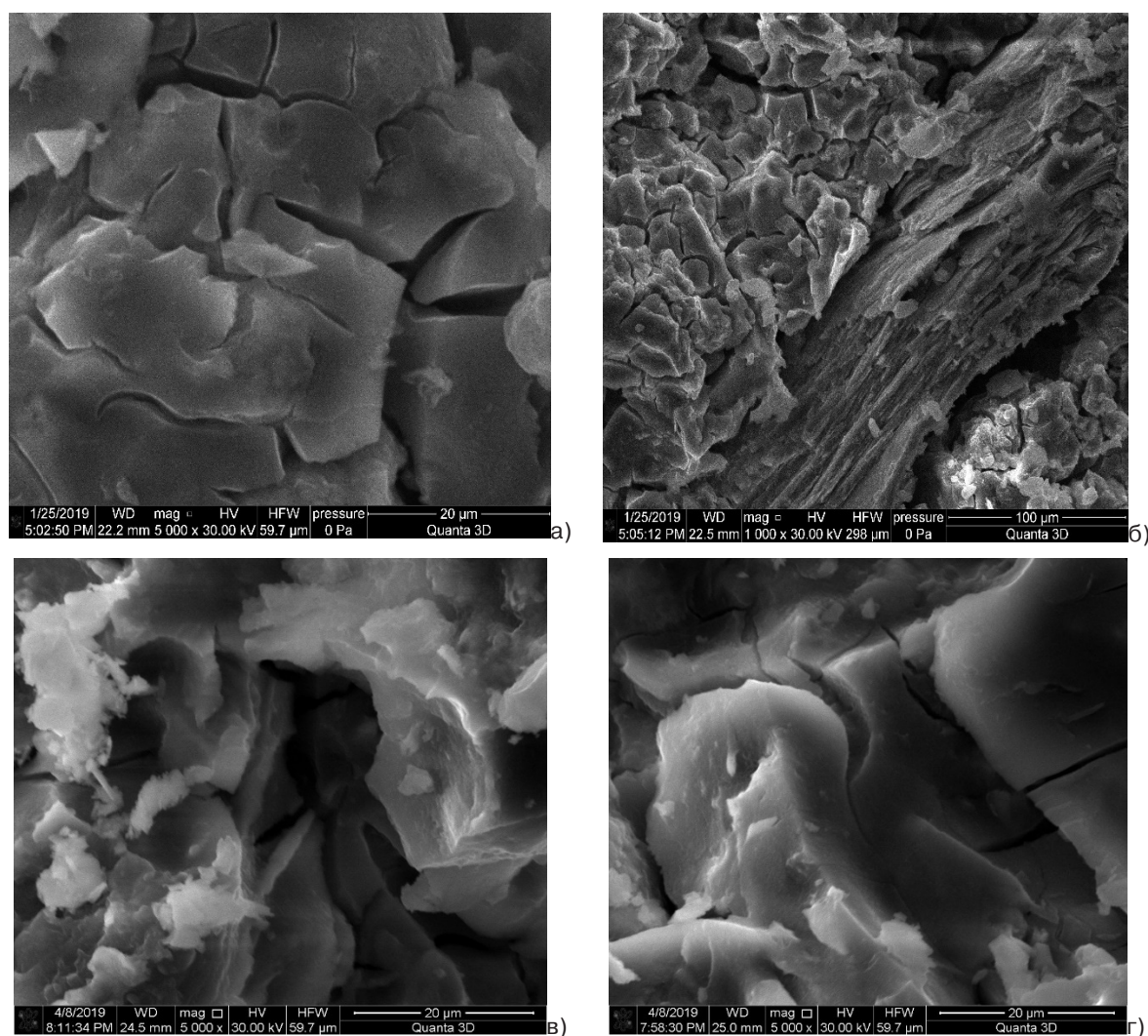


Рис. 4. Микрофотографии цементного камня из клинкерной пыли, затворенного жидкостекольным вяжущим, при различных увеличениях, в возрасте 7 суток (а, б) и 28 суток (в, г)

В работе предлагается возможный способ использования цементной пыли – получение бесклинкерных цементов щелочной активации. С использованием клинкерной и аспирационной пыли приготовлены образцы-балочки размером 40x40x160 мм из смеси: цементная пыль – 480 кг, кварцевый песок Червленского месторождения (добавлялся в соотношении 1:3) – 1440 кг, вулканический пепел – 50 кг, жидкое стекло натриевое с силикатным модулем 2,8 и плотностью 1,24 г/см³–120 л. Приготовленные образцы через сутки распалубливались и помещались в сушильный шкаф при температуре 40⁰С на пару дней. Далее образцы до 28-суточного дозревания находились в воде. Необходимо отметить, что первые трое суток в

сосуде вода менялась на чистую, так как происходило выщелачивание. Рецептуры и свойства полученных вяжущих приведены в таблице 3, а на рисунках 3, 4 можно рассмотреть формирование микроstructures цементного камня в возрасте 7 и 28 суток на образцах-балочках из аспирационной и клинкерной пыли, затворенных жидкостекольным вяжущим.

Анализируя полученные результаты использования отходов цементной промышленности в виде клинкерной и аспирационной пыли, нужно подчеркнуть, что ежедневно выделяются пылевые бросы в атмосферу, загрязняя атмосферу и окружающую среду, а те объемы пыли, которые уловили электрофильтры, необходимо где-то складировать, занимая

территории земельных угодий, а это опять же будет наносить вред работникам отрасли и близлежащим населенным пунктам. Поэтому рационально использовать отходы в виде цементной пыли в производстве вяжущих щелочной активации, к тому же полученные результаты прочности цементного камня подтверждают эффективность данных разработок [9, 10, 11, 19, 20].

Микрофотографии, полученные с помощью растрового электронного микроскопа, дают возможность наблюдать изменения структуры цементного камня, 7-суточные образцы 4 и 5 а, б характеризуются более мелкими, пористыми и несформировавшимися новообразованиями, особенно это видно на снимках при увеличении в 5000 раз. Образцы 28-суточного возраста можно охарактеризовать явно выраженной плотной структурой, заметно присутствие сформированных кристаллов твердых растворов, увеличение в 10000

раз это подтверждает. К тому же необходимо отметить существенное различие микроструктур цементного камня из аспирационного и клинкерного порошков, затворенных жидким натриевым стеклом.

Таким образом, обобщая проведенные исследования, можно отметить, что используя предлагаемый способ утилизации цементной пыли возможно получение бетонных композиций, структура и свойства которых позволяют утверждать о получении эффективных вяжущих щелочной активации на менее затратном вяжущем.

Предлагаемые рецептуры вяжущих, состоящими в которых будут отходы электрофильтров клинкерных печей, активированные жидкостекольным натриевым затворителем, позволят расширить базу используемых разновидностей вяжущих веществ и частично заменить дорогой и энергоемкий портландцемент в строительстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Al-Neaimi Y.I., Gomes J., Lloyd O.L.* (2001) Respiratory illnesses and ventilator function among workers at a cement Factory in a rapidly developing country. *Occup Med (Lond)*, 51, pp. 367-73.
2. *Dietz A, Ramroth H, Urban T, Ahrens W, Becher H.* (2004) Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: Results of a population based case-control study. *Int J Cancer*, p. 108.
3. *Davidovitz J.* Geopolymer. Chemistry and applications. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. 2008. 592 pp.
4. *Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М. Ш., Ватаев У. В.* Цементная промышленность Чеченской Республики // Вестник Академии наук Чеченской Республики. № 1 (22). Грозный, 2014. С. 109-114.
5. Современные цементные технологии с применением передовых способов пылегазоочистки / С-А. Ю. Муртазаев, М. Ш. Саламанова, А. Х. Аласханов, Т. С-А. Муртазаева // Коллективная монография по материалам Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного материаловедения», посвященной 80-летию заслуженного деятеля науки РФ, д. т. н., профессора Х. И. Ибрагимова, состоявшейся в г. Грозном 18-19 декабря 2015 г. 2 т. С. 99-107.
5. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* On effect of super plasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // MATEC Web of Conferences 27. Сер. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFOCE 2018" 2018. С. 04018.
7. Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures / *S. A. Stelmakh, M. P. Nazhiev, E. M. Shcherban, A. V. Yanovskaya, A. V. Cherpakov* // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule. Edited by Yun-Hae Kim, I. A. Parinov, S.-H. Chang. 2018. С. 337.
8. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete / *A. Shuisky, S. Stelmakh, E. Shcherban, E. Torlina* // MATEC Web of Conferences Сер.

- “International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTME 2017” 2017. С. 05011.
9. Строительные материалы на основе жидкого стекла / *А.А. Солдатов, И.В. Сариев, М.А. Жаров, М.А. Абдураимова* // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (отв. ред.). 2016. С. 192-195.
 10. Исследование свойств бетонов на бесклинкерных вяжущих / *С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, А.Х. Аласханов* // Перспективы развития топливно-энергетического комплекса и современное состояние нефтегазового инженерного образования в России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 105-летию М.Д. Миллионщикова, 11-12 июня 2018. г. Грозный: ФГБОУ ВО «ГГНТУ», 2018. С. 392-399.
 11. *Salamanova M.Sh., Murtazayev S.Yu., Ismailova Z.H.* The Use of Highly Active Additives for the Production of Clinkerless Binders // Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 355-358.
 12. *Salamanova M.Sh., Murtazayev S.Yu.* Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // 20. Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht. 12-14 september 2018, Bauhaus-Universitdt Weimar. Band 1 und 2. – Weimar: 2018. B. 2. Pp. 707-714.
 13. Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties / *A. A. Volodchenko, V.S. Lesovik, L. H. Zagorodnjuk, A. N. Volodchenko* // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 19. Pp. 40617-40622.
 14. Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes / *V.S. Lesovik, L. K. Zagorodnyuk, A. E. Mestnikov, A. I. Kudinova, D. A. Sumskoj* // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Volume 10. Issue 5. Pp. 12383-12390.
 15. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas / *M. Sh. Mintsaeв, D. K.-S. Bataev, K. Kh. Mazhiev, Adam Kh. Mazhiev* // Advances in Engineering Research, volume 177, International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018), pp. 311-315.
 16. Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials / *A. A. Volodchenko, V.S. Lesovik, A. N. Volodchenko, L. H. Zagorodnjuk, Y. V. Pukharengo* // International Journal of Pharmacy and Technology 2016. 8 (3), с. 18856-18867.
 17. *Удодов С. А., Черных В. Ф., Черный Д. В.* Применение пористого заполнителя в отделочных составах для ячеистого бетона // Сухие строительные смеси. 2008. №3. С. 70.
 18. Geopolymer technology: The current state of the art// *P. Duxson, A. Fernandez, J. Provis / J. Mater. Sci.* 2007. V. 42. Pp. 2917-2933.
 19. Влияние активных центров поверхности на реакционную способность минеральных добавок / *С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, М.С. Сайдумов, З.Х. Исмаилова* // Научный журнал «Современная наука и инновации» (Ставрополь – Пятигорск). 2017. №2 (18). С. 168-175.
 20. *Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М.Ш.* Перспективы использования термоактивированного сырья алюмосиликатной природы // Приволжский научный журнал. 2018. №2 (Т. 46). С. 65-70.

METHODS OF REPEATED USE OF CEMENT DUST

© M. Sh. Salamanova, S. A. Aliev, S-A. Murtazaeva
GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia

In the process of firing Portland cement clinker in electrostatic precipitators, in rotary kilns, a large amount of harmful substances, both clinker and aspiration, accumulates, therefore rational use of these products leads to certain shares of a full-fledged river resource, which are derived from industrial cement. It should be noted that the reuse of dust electrostatic precipitators is impossible. The basis for obtaining durable and more resource-efficient composites is based on modern technological methods that contribute to the improvement of technical and physicomechanical properties, with the integrated application of technogenic raw materials and liquid sodium binder. The developed clinker-free binder formulations using the cement industry wastes and sodium-based sludge glass will make it possible to produce less expensive, durable, and durable composites that will partially replace traditional concrete with expensive portland cement.

Keywords. Technogenic raw materials, Portland cement clinker, aspiration dust, electrostatic precipitator dust, alkali metals, dispersion, rotary kiln, pyleunos

REFERENCES

1. Al-Neaimi Y. I, Gomes J. and Lloyd O.L. (2001) Respiratory illnesses and ventilator function among workers at a cement Factory in a rapidly developing country. *Occup Med (Lond)*, 51, pp. 367-73.
2. Dietz A, Ramroth H., Urban T., Ahrens W. and Becher H. (2004) Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: Results of a population based case-control study. *Int J Cancer*, p. 108.
3. Davidovitz J. (2008) *Geopolymer. Chemistry and applications*. Saint-Quentin: Institute Geopolymer. P. 592.
4. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh. and Vataev U. V. (2014) 'Tsementnaya promyshlennost' Chechenskoi respubliki' [Cement industry of the Chechen Republic]. *Vestnik Akademii Nauk Chechenskoi respubliki*. №1 (22), Grozny, Pp. 109-114.
5. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Alaskhanov, A. Kh. and Murtazaeva T. S-A. (2015) 'Sovremennye tsementnye tekhnologii s primeneniem peredovykh sposobov pylegazoochistki' *Kollektivnaya monografiya po materialam Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye problem sovremennogo materialovedeniya», posvyashchennoi 80-letiyu Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, d. t. n.. professor Kh.I. Ibragimova, sostoyavsheisya v g. Groznom 18-19 dekabrya 2015 g.* [Collective monograph on the materials of the All-Russian scientific-practical conference "Actual problems of modern materials science." Dedicated to the 80th anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor Kh.I. Ibragimov, held in the city of Grozny on December 18-19, 2015], V. 2, pp. 99-107.
6. Nesvetaev, G., Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018) On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete // В сборнике: МАТЕС Web of Conferences 27. Сер. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018". P. 04018.
7. Stelmakh, S. A., Nazhuev M. P., Shcherban, E. M., Yanovskaya A. V. and Cherpakov A. V. (2018) Selection of the composition for centrifuged concrete, types of centrifuges and compaction modes of concrete mixtures // *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) Abstracts & Schedule*. Edited by Yun-Hae Kim, I.A. Parinov, S.-H. Chang. P. 337.

8. Shuisky A., Stelmakh S., Shcherban E. and Torlina E. (2017) Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete // MATEC Web of Conferences Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017". P. 05011.
9. Soldatov, A. A., Sariev, I. V., Zharov, M. A. and Abduraimova M.A. (2016) 'Stroitel'nye materialy na osnove zhidkogo stekla' [Liquid Glass Building Materials]: *Aktual'nye problem stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti. Materialy IV-i ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. N.I. Stoyanov (otvetstvennyi redaktor)*. [In the collection: Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety. Materials of the IV-th annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University. N.I. Stoyanov (executive editor). Pp. 192-195.
10. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S. and Alaskhanov, A. Kh. (2018) 'Issledovanie svoystv betonov na besklinsknykh vyazhushchikh' *Perspektivy razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa i sovremennoe sostoyanie neftegazovogo inzhenernogo obrazovaniya v Rossii.: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 105-letiyu M.D. Millionshchikova, 11-12 iyunya 2018 g. FGBOU VO «GGNTU»*, [Prospects for the development of the fuel and energy complex and the current state of oil and gas engineering education in Russia, dedicated to the 105th anniversary of M. D. Millionshchikov: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference June 11-12, 2018]. FSBE HE "GSOTU". Grozny, pp. 392-399.
11. Salamanova, M. Sh., Murtazayev, S. Yu. and Ismailova, Z. H. 'The use of highly active additives for the production of clinkerless binders' // *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research"* (ISEES 2018) ISSN Part of series: AER, ISSN: 2352-5401, volume: 177 ISBN 978-94-6252-637-2, pp. 355-358.
12. Salamanova, M. Sh. and Murtazayev, S. Yu. (2018) Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components // *Internationale Baustofftagung, Tagungsbericht*. 12-14 september 2018, Bauhaus-Universitdt Weimar. Band 1 und 2. Weimar: B. 2. Pp. 707-714.
13. Volodchenko, A. A., Lesovik, V. S., Zagorodnjuk, L. H. and Volodchenko, A. N. (2015) Influence of the inorganic modifier structure on structural composite properties // *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 10. Issue 19. Pp. 40617-40622.
14. Lesovik, V. S., Zagorodnyuk, L. K., Mestnikov, A. E., Kudinova, A. I. and Sumskoii, D. A. (2015) Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes // *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 10. Issue 5. Pp. 12383-12390.
15. MintsaeV, M. Sh., Bataev, D. K.-S., Mazhiev, K. Kh. and Mazhiev, Adam Kh. Prospects for Using 3D-Printing Technologies in Construction of Buildings in Seismic Areas. *Advances in Engineering Research*, volume 177, *International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018)*, pp. 311-315.
16. Volodchenko, A. A., Lesovik, V. S., Volodchenko, A. N., Zagorodnjuk, L. H. and Pukharenko, Y. V. (2016) Composite performance improvement based on non-conventional natural and technogenic raw materials // *International Journal of Pharmacy and Technology 2016*. 8 (3), pp. 18856-18867.
17. Udodov, S. A., Chernykh, V. F. and Chernyi D. V. (2008) 'Primenenie poristogo zapolnitelya v otdelochnykh sostavakh dlya yacheistogo betona' [The use of porous aggregate in cellular concrete finishes] *Sukhie stroitel'nye smesi*. №3. P. 70.
18. Duxson, P., Fernandez, A., Provis, J., Mater, J. (2007) Geopolymer technology. The current state of the art // *Sci*. V. 42. Pp. 2917-2933.
19. Murtazaev, S-A. Yu., Salamanova, M. Sh., Saidumov, M. S. and Ismailova, Z. Kh. (2017) 'Vliyanie aktivnykh tseVtrov poverkhnosti na reaktivnuyu sposobnost' mineral'nykh dobavok. *Nauchnyi zhurnal «Sovremennaya nauka i innovatsii» (Stavropol' – Pyatigorsk)*. №2 (18). Pp. 168-175.
20. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2018) 'Perspektivy ispol'zovaniya termoaktivirovannogo syr'ya alyumosilikatnoi prirody' [Prospects for the use of thermally activated aluminosilicate materials] *Privolzhskii nauchnyi zhurnal*. №2 (V. 46). Pp. 65-70.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЕВОГО РЕСУРСА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

© В. Х. Хадисов, А. З. Абуханов, М. Р. Хаджиев
ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

Данная работа посвящена решению актуальной проблемы утилизации техногенных сырьевых ресурсов в виде керамического кирпичного боя и производственного брака с получением вторичного мелкого и крупного заполнителя, для дальнейшего изготовления мелкоштучных изделий на основе керамобетона. Внедрение предлагаемой безотходной ресурсосберегающей технологии получения стеновых материалов позволит поддерживать экологическую безопасность окружающей среды. Отмечается специфика приготовления формовочных керамобетонных смесей, особенности формирования структуры исследуемых композиций. Приводятся рецептуры легких бетонов на основе керамического кирпичного заполнителя и результаты исследования свойств, необходимых для получения качественных и долговечных мелкоштучных материалов. Изучались такие свойства, как плотность, теплопроводность, морозостойкость и прочность на сжатие, так как именно к этим характеристикам предъявляются особые требования. Разработанные составы легких керамобетонов имели достаточно низкие показатели теплопроводности в пределах 0,49-0,98 Вт/(м·°С), марка керамобетона по морозостойкости находилась в пределах от F50 до F100, плотность изменялась от 1300-1700 кг/м³, значение предела прочности при сжатии достигало 41 МПа. Использование кирпичного боя в легких бетонах позволит снизить себестоимость продукции на 30-35%.

Ключевые слова: кирпичный бой, керамобетон, легкий бетон, плотность, теплопроводность, стеновой материал, суперпластификатор.

В последние годы особо остро ощущается экологическая напряженность в мировом пространстве, поэтому вопросы, связанные с рациональным использованием и эффективным сбережением природного сырья, являются весьма актуальными для обеспечения качественного уровня жизнедеятельности любого государства. Необходимо отметить, что ресурсосбережение природного потенциала подразумевает внедрение безотходных и малоотходных технологий, основанных на вторичном использовании сырьевого ресурса, что позволит поддерживать экологическую безопасность окружающей среды [1, 2, 5, 8].

Немаловажную роль в ресурсо- и энергосбережении играет строительная индустрия, так как известно, что именно в этой отрасли эффективно используется техногенное (вторичное) сырье, не требующее больших затрат на поиск месторождений и разработку карьера, переработку и транспортировку из других рай-

онов. К такому малозатратному техногенному сырью можно отнести отходы разборки зданий и сооружений и производственный брак в виде кирпичного боя, с целью получения вторичного заполнителя, как крупного, так и мелкого. Несомненно, возникает вопрос, каковы объемы этих отходов, так вот анализ статистических данных [3, 4, 6, 9, 10] показал, что ежегодно только в нашей стране скапливается более 22 млн. тонн техногенных строительных отходов, к тому же 60% из этого ресурса составляют керамический бой кирпича и бетона (рис. 1).

В данной работе приводятся результаты разработок по получению легких керамобетонов, с использованием вторичного заполнителя в виде кирпичного керамического боя (ККБ). Керамобетон используется в основном для изготовления стеновых материалов, поэтому он должен обладать невысокой плотностью и теплопроводностью, морозостойкостью и прочностью при сжатии до 30 МПа. В исследу-



Рис. 1. Разборка кирпичных зданий в результате аварийного сноса

емых композициях особое внимание уделяется пористому заполнителю, так как керамическая природа, гранулометрический состав и свойства влияют на показатели прочности цементного камня.

Проектирование состава легкого бетона производилось по специальной методике, так как керамический заполнитель характеризуется повышенной водопотребностью и оказывает своеобразное влияние на процессы формирования структуры и прочности керамобетона. В исследуемой композиции присутствуют

твердая, жидкая и газообразная фазы, а вода затворения перераспределяется между ними более специфично, в результате изменяются технологические и реологические характеристики формовочной бетонной смеси. В процессе приготовления формовочной смеси добавляемая для затворения вода начинает мгновенно впитываться керамическим кирпичным заполнителем, и мелким, и крупным, что в итоге способствует формированию первичного капиллярно-пористого структурного сращения. Но через определенное время поглощенная

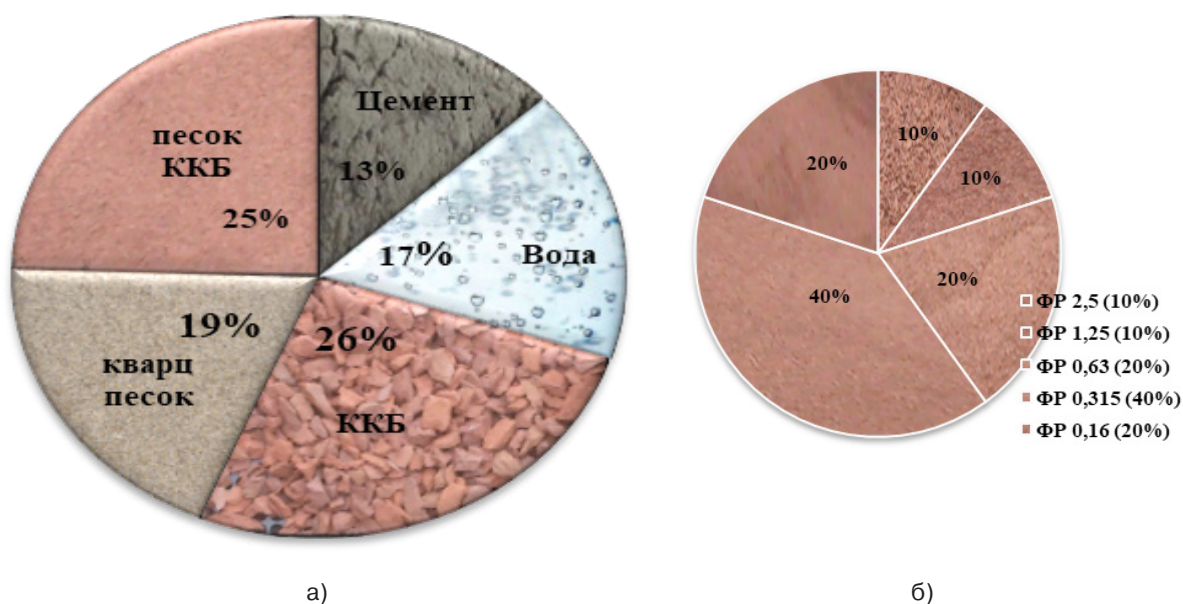


Рис. 2. Соотношение между компонентами бетонной смеси (а) и зерновой состав мелкого заполнителя их кирпичного боя (б)

Таблица 1 – Рецептуры и свойства керамобетонов

№ состава	Расход материалов, кг на 1 м ³						В/Ц	Плотность бетона, кг/м ³	R ²⁸ _{сж} МПа,	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Мрз
	Ц	ККБ	П	В	С-3	ГП 9					
Обычный легкий керамобетон											
1	250	800	550	280	-	-	1,1	1675	11,5	0,49	50
2	340	740	525	295	-	-	0,93	1702	20,8	0,51	50
3	310	795	550	232	6,2	-	0,75	1734	24,8	0,53	50
4	310	795	540	238	-	4,7	0,78	1742	24,1	0,52	50
5	400	750	505	235	8,0	-	0,59	1758	35,8	0,53	75
6	400	750	115+ +400*	227	8,0	-	0,57	1834	41,0	0,98	100
Крупнопористый легкий керамобетон											
7	250	980	-	280	-	-	1,1	1310	7,2	0,35	25
8	400	915	-	283	-	-	0,80	1398	17,2	0,37	25
9	400	948	-	265	8,0	-	0,66	1413	18,8	0,37	35

Примечание: состав 6 – смесь двух видов песков (115 кг – песок из ККБ, а 400 кг – плотный кварцевый песок Червленского месторождения).

заполнителем влага, законсервированная в его порах и микродефектах, начинает постепенно отдавать воду в твердеющую, набирающую прочность цементную систему, в результате чего образуется довольно плотно-сложившаяся структура цементного камня [7, 11, 14, 16].

Приготовление формовочной бетонной смеси осуществлялось в соответствии со следующим соотношением между компонентами, приведенным на рисунке 2а, мелкий заполнитель из кирпичного керамического боя имел модуль крупности 2,5 и следующий фракционный состав, показанный на рисунке 2б, в некоторых составах также использовался природный кварцевый песок Червленского месторождения, который можно отнести к классу мелких с модулем крупности 1,8.

Для изучения влияния пластифицирующих добавок на технологические показатели керамобетонной смеси применялись суперпластификаторы ГП-9, с дозировкой 1,5% от массы вяжущего и С-3 в количестве 2% от массы вяжущего. Портландцемент без добавочный ЦЕМ I 42,5 Н от производителя ГУП «Чеченцемент» применялся в качестве основного вя-

жущего компонента, характеристики его соответствовали ГОСТ 31108-2003.

Рецептуры и свойства полученных образцов из легкого керамобетона приводятся в таблице 1 и на рисунке 3.

Анализируя полученные результаты исследований, можно отметить, что между плотностью легкого керамобетона и плотностью непосредственно цементного камня существует определенная зависимость, и необходимо учесть, что объем растворной части составляет всего 40-44% от объема всего композита [12, 13, 15]. Цементная составляющая преобладает в большом количестве в пространстве между порами, пустотами, полостями, размеры которых определяются долями миллиметров. Мы наблюдаем, что в составе 7 минимальный показатель по теплопроводности, да и присутствует экономия самого дорогого компонента – цемента, вес образцов также значительно снижается, таким образом, крупнопористый керамобетон можно использовать для изготовления неконструкционных стеновых изделий.

В крупнопористых бетонах ощущается дефицит вяжущей части, структура более пори-

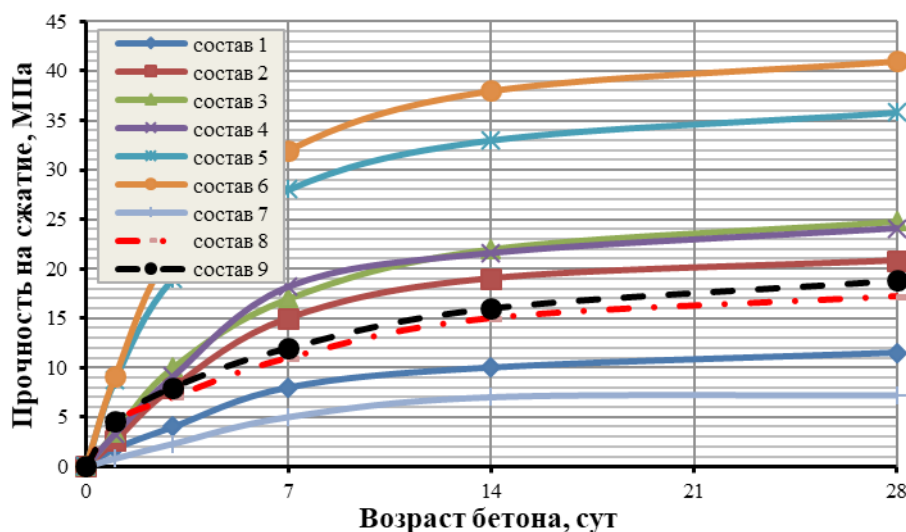


Рис. 3. Кинетика набора прочности керамобетонных образцов

стая, цементный клей покрывает небольшим слоем поверхность заполнителя, а межзерновое пространство остается фактически незаполненным. В результате формируются условно-замкнутые пустоты и поры, способствующие снижению теплопроводности.

Исследование теплопроводности исследуемых легких бетонов с использованием керамического кирпичного заполнителя проводили на специально подготовленных образцах размером 250x250x30 мм с помощью прибора по определению теплопроводности ИТП-МГ4.

В рецептурах легких керамобетонов с использованием мелкого керамического искусственного песка можно отметить, что значения показателей теплопроводности изменяются в пределах 0,48-0,97 Вт/(м·°С), а если сравнивать полученный результат с традиционным тяжелым бетоном, теплопроводность которого 1,5-1,87 Вт/(м·°С), то можно подтвердить эффективность предлагаемых разработок. Испытание образцов на морозостойкость показало, что исследуемые составы характеризуются маркой по морозостойкости в пределах от F50 до F100.

Необходимо отметить, что самым высоким показателем по морозостойкости отличается состав 6 – марка F100, в данной рецептуре был использован природный кварцевый песок, вероятно, именно его присутствие и способствовало повышению морозостойкости. Но важно

заметить, что наличие плотного кварцевого песка (400 кг) отрицательно сказалось на теплопроводности и плотности данного состава.

Лучшие значения по теплопроводности наблюдаются у крупнопористых легких керамобетонов в пределах 0,35-0,38 Вт/(м·°С), плотность также снижается до 1310-1410 кг/м³, но наличие большого количества открытых пор и пустот негативно отразилось на прочности морозостойкости.

В предлагаемых составах легкого бетона основное внимание уделяется вторичному керамическому кирпичному заполнителю, поэтому необходимо заметить, что вопрос адгезии растворной части с пористым заполнителем является определяющим фактором. Особенно это важно, потому что, получая высокие значения прочностных характеристик в контактной зоне, будет наблюдаться более выгодное, разгруженное состояние матричной вяжущей системы, она будет работать как единое целое, повышая прочность композита. Получению показателей высокой адгезионной прочности способствуют использование в рецептурах бетонов крупных заполнителей из твердых и прочных горных пород. Совместная работа таких заполнителей с цементной матрицей будет взаимно компенсировать исчерпанные прочностные возможности каждой их фаз – растворной части или заполнителя, что обеспечит существенное упрочнение композита за счет

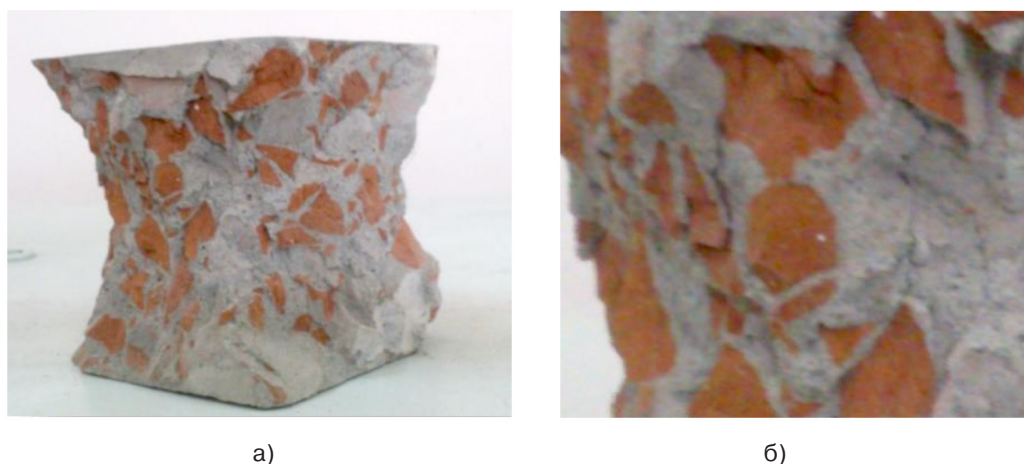


Рис. 4. Образец керамобетона после испытания на прочность при сжатии:
а) присутствие эффекта «обоймы»; б) контактная зона сцепления заполнителя и растворной части

разгрузки матричной системы и высоких характеристик заполнителя. При таком варианте проектирования бетона будет наблюдаться эффект «армирования» композита изнутри заполнителем.

Изучая механизм разрушения образцов проектируемого легкого бетона (рис. 4), можно заметить, что в результате испытания на сжатие разрушение кубика прошло по заполнителю, а не по зоне контакта цементного камня с керамическим заполнителем, это свидетельствует о том, что адгезионная прочность заполнителя с цементным камнем и растворная часть значительно выше, чем прочность самого заполнителя из кирпичного боя.

По результатам обобщения результатов экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- исследованы свойства отходов разборки зданий и сооружений в виде ККБ;
- получены техногенные вторичные заполнители для проектирования составов легких и крупнопористых керамобетонов;
- разработаны рецептуры легких керамобетонов с использованием ККБ в качестве и мелкого, и крупного заполнителей;
- изучены процессы структурообразования, кинетика набора прочности и свойства легких керамобетонов.

Установлено, что использование вторичного техногенного сырья является актуальной задачей как для нашего региона, так и для всего мира, поскольку экологический вопрос и возможные пути ресурсо- и энергосбережения природного потенциала до сих пор остаются открытыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Self-consolidating concretes with materials of the Chechen Republic and neighboring regions / *M. Salamanova, M. Khubaev, M. Saidumov, T. Murtazaeva* // International journal of environmental & science education. 2017. Vol. 11. № 18. Pp. 12719-12724.
2. *Муртазаев С-А. Ю., Саламанова М. Ш.* Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Журнал «Устойчивое развитие горных территорий». 2015. № 1 (23). С. 23-28.
3. *Удодов С. А., Черных В. Ф., Черный Д. В.* Применение пористого заполнителя в отделочных составах для ячеистого бетона // Сухие строительные смеси. 2008. № 3. С. 70.
4. *Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T.* “On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete“. В сборнике: MATEC Web of Conferences 27. Сер. “27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018” 2018. С. 04018.

5. *Lesovik V.S., Alfimova N.I., Trunov P.V.* Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement // *Research Journal of Applied Sciences*, Volume 9. Issue 11. 2014. Pp. 745-748.
6. Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes / *V.S. Lesovik, L.K. Zagorodnyuk, A.E. Mestnikov, A.I. Kudinova, D.A. Sumskoi* // *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015. Volume 10, Issue 5, Pp. 12383-12390.
7. The Study of Shrinking Deformations of Repair Compositions on Barkhan Sands / *D. K-S. Bataev, A.A. Uzaeva, S.A. Uzaeva, M.A. Uzaev, T.A. Tuzurkaeva* // *International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018) Advances in Engineering Research*, volume 177, 2018. Pp. 254-257.
8. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete / *A. Shuisky, S. Stelmakh, E. Shcherban, E. Torlina* // *MATEC Web of Conferences Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017"* 2017. С. 05011.
9. Строительные материалы на основе жидкого стекла. Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности / *А.А. Солдатов, И.В. Сариев, М.А. Жаров, М.А. Абдураимова* // *Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета*. Н.И. Стоянов (ответ. ред.). 2016. 398 с.
10. *Муртазаев С-А. Ю. Саламанова М. Ш.* Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // *Журнал «Устойчивое развитие горных территорий»*. 2015. № 1 (23). С. 23-28.
11. *Удодов С. А.* Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // *Научные труды Кубанского государственного технологического университета*. 2015. №9. С. 175-185.
12. *Стельмах С. А., Щербань Е. М., Сердюков К. В.* Влияние некоторых характеристик применяемого крупного заполнителя на свойства тяжелого бетона, предназначенного для изготовления центрифугированных изделий и конструкций // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. № 10. С. 15-20. 2017.
13. *Корянова Ю. И., Резанцев Н. Е., Шумилова А. С.* Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий – от традиций к новшествам // *Аллея науки*. 2018. Т. 6. № 4 (20), С. 95-99.
14. *Солдатов А. А., Галыч А. В., Сариев И. В.* Опыт использования силиката натрия в качестве вяжущего вещества в производстве строительных материалов // *Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: IV-я ежегодная научно-практическая конференция Северо-Кавказского федерального университета*, 2016. 254 с.
15. К вопросу использования промышленных отходов в производстве вяжущих веществ / *М. С. Агеева, С. М. Шаповалов, А. Н. Боцман, А. В. Ищенко* // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2016. № 9. С. 58-62.
16. Recycled Technogenic Raw Materials as an Effective Filler for Modern Construction Composites / *S-A. U. Murtazayev, M. Sh. Mintsayev, A. Kh. Alaskhanov, M. S. Saidumov, M. Z. Duskayev* // *International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research*. 22.12.2018. Vol. 177. P. 271-274. doi:10.2991/isees-18.2018.52.

USE OF SECONDARY RAW RESOURCE IN THE PRODUCTION OF WALL MATERIALS

© V. Kh. Khadisov, A. Z. Abukhanov, M. R. Khadzhiev

GSTOU named after acad. M. D. Millionshikov

This work is devoted to solving the problems associated with the use of man-made frequency resources in the form of ceramic bricks and manufacturing defects with the production of secondary small and large aggregates for the further manufacture of small piece products based on ceramic-concrete. The introduction of the proposed waste-free resource-saving technology for wall materials allows you to maintain the environmental safety of the environment. The specifics of the preparation of molding ceramic-concrete mixtures, the features of the formation of the structure of the studied compositions are noted. Formulations of lightweight concrete based on ceramic brick aggregate and the results of the study of the properties necessary for obtaining high-quality and durable small-piece materials are given. Properties such as density, thermal conductivity, frost resistance and compressive strength have been studied, since it is these characteristics that have special requirements. The developed lightweight porcelain compositions had relatively low thermal conductivity in the range of 0.49-0.98 W / (m ° C), the grade of frost resistance by frost resistance ranged from F50 to F100, the density changed from 1300-1700 kg / m³, the value Compressive strength reached 41 MPa. The use of brick battle in lightweight concretes will reduce the cost of production by 30-35%.

Keywords: brick battle, ceramabeton, lightweight concrete, analogue, thermal conductivity, wall material, superplasticizer

REFERENCES

1. Salamanova, Madina, Khubaev, Magomed, Saidumov, Magomed and Tamara Murtazayeva. (2017). "Self-Consolidating Concretes with Materials of the Chechen Republic and Neighboring Regions", *International journal of environmental & science education*. Vol. 11. №18. pp. 12719-12724.
2. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2015). 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' // *Zhurnal «Ustoichivoe razvitie gornykh territorii»*. [High-strength concretes using fractionated aggregates from waste from rock processing // *Journal "Sustainable development of mountain territories"*]. №1 (23). Pp. 23-28.
3. Udodov, S. A., Chernykh, V. F. and Chernyi, D. V. (2008). 'Primenenie poristogo zapolnitelya v otdelochnykh sostavakh dlya yacheistogo betona'. Sukhie stroitel'nye smesi. [The use of porous aggregate in cellular concrete finishes. / *Dry mixes*]. №3. p. 70.
4. Nesvetaev, G, Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018). 'On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete'. Proceedings MATEC Web of Conferences 27. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018". P. 04018.
5. Lesovik, V. S., Alfimova, N. I. and Trunov, P. V. (2014). 'Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement', *Research Journal of Applied Sciences*. Volume 9. Issue 11. Pp. 745-748.
6. Lesovik, V. S., Zagorodnyuk, L. K., Mestnikov, A. E., Kudinova, A. I. and Sumskoj, D. A. (2015). 'Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes', *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 10. Issue 5. Pp. 12383-12390.
7. Bataev, D. K-S., Uzaeva, A. A., Uzaeva, S. A., Uzaev, M. A., Tuzurkaeva. T. A. (2018). 'The Study of Shrinking Deformations of Repair Compositions on Barkhan Sands', International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018) *Advances in Engineering Research*, volume 177, pp. 254-257.

8. Shuisky, A., Stelmakh, S., Shcherban, E. and Torlina, E. (2017) 'Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete'. MATEC Web of Conferences Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017". 05011p.
9. Soldatov, A. A. Sariev, I. V., Zharov, M. A. and Abduraimova, M. A. (2016) 'Stroitel'nye materialy na osnove zhidkogo stekla'. Aktual'nye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti. Materialy IV-i ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. N.I. Stoyanov (otvetstvennyi redaktor). [Building materials based on liquid glass." Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety] / *Materials of the IVth annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University*. Stoyanov N.I. (responsible editor)]. 398 p.
10. Murtazaev S-A. Yu. and Salamanova M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' // Zhurnal «Ustoichivoe razvitiye gornykh territorii». [High-strength concretes using fractionated aggregates from waste from rock processing] // *Journal "Sustainable Development of Mountain Territories"*. №1 (23). pp. 23-28.11.
11. Udodov, S. A. (2015) 'Povtornoe vvedenie plastifikatora kak instrument upravleniya podvizhnost'yu betonnoi smesi', Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. [Re-introduction of plasticizer as a tool for controlling the mobility of concrete mix / Scientific works of the Kuban State Technological University]. №9. pp. 175-185.
12. Stel'makh, S. A., Shcherban, E. M. and Serdyukov, K. V. (2017) 'Vliyanie nekotorykh kharakteristik primenyaemogo krupnogo zapolnitelya na svoystva tyazhelogo betona, prednaznachennogo dlya izgotovleniya tsentrifugirovannykh izdelii i konstruksii', Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. [The influence of some characteristics of the coarse aggregate used on the properties of heavy concrete intended for the manufacture of centrifuged products and structures / *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*]. №10, pp. 15-20.
13. Koryanova Yu. I., Rezantsev, N. E. and Shumilova, A. S. (2018) 'Materialy i konstruksii, ispol'zuemye pri stroitel'stve vysoznykh zdaniy – ot traditsii k novshestvam', Alleya nauki. [Materials and structures used in the construction of high-rise buildings – from tradition to innovation, *Science Alley*]. V. 6. №4 (20), pp.95-99.
14. Soldatov, A. A., Galych, A. V., Sariev, I. V. (2016) 'Opyt ispol'zovanie silikata natriya v kachestve vyazhushchego veshchestve v proizvodstve stroitel'nykh materialov', Aktual'nye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti, S. 186-188, 2016 [IV-ya ezhegodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta, [Experience in the use of sodium silicate as a binder in the production of building materials, *Actual problems of construction, transport, mechanical engineering and technosphere safety*, pp. 186-188. IV-th annual scientific-practical conference of the North Caucasus Federal University]. 254. p.
15. Ageeva M. S., Shapovalov S. M., Botsman A. N. and Ishchenko A. V. (2016) K voprosu ispol'zovaniya promyshlennykh otkhodov v proizvodstve vyazhushchikh veshchestv // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova. [On the use of industrial waste in the production of binders // *Bulletin of the Belgorod State Technological University. V. G. Shukhov*]. №9. Pp. 58-62.
16. Murtazaev S-A. U., Mintsaev M. Sh., Alaskhanov A. Kh., Saidumov M. S. and Duskeyev M. Z. (2018) Recycled Technogenic Raw Materials as an Effective Filler for Modern Construction Composites // *International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research"* (ISEES 2018) *Advances in Engineering Research*. Vol. 177. pp. 271-274. doi:10.2991/isees-18.2018.52.

РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ГИПСОВЕРМИКУЛИТОБЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ И РАСЧЕТНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ДВУХСЛОЙНЫХ АРМОЦЕМЕНТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

© Т. А. Хежев

КБГУ им. Х. М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

Приведены результаты исследований составов гипсоизвестковоцементовермикулитотуфобетонных композитов. Расширение сырьевой базы, повышение прочности и огнезащитных свойств, а также снижение стоимости композита решается за счет использования в сырьевой смеси отходов пиления вулканического туфа.

Приведены результаты экспериментальных исследований огнестойкости двухслойных армоцементных элементов. Разработан алгоритм теплотехнического расчета предела огнестойкости многослойных строительных конструкций, обеспечивающий приемлемое совпадение расчетных значений с экспериментальными данными. Разработано программное обеспечение теплотехнического расчета предела огнестойкости армоцементных конструкций с огнезащитным слоем из гипсовермикулитобетона, получены выражения для коэффициентов теплопроводности и теплоемкости разработанных композитов.

Ключевые слова: огнестойкость, способы огнезащиты, гипсовермикулитотуфобетонные композиты, коэффициенты теплопроводности и теплоемкости гипсобетонов, численный метод расчета огнестойкости.

За последнее десятилетие отмечается рост количества пожаров. С января по сентябрь 2012 года в РФ произошло 115713 пожаров, при которых погибли 7709 человек и получили травмы 9038 человек. Прямой материальный ущерб от пожаров составил 1045712000 рублей.

Обрушение строительных конструкций является главной причиной гибели людей и ущерба от пожаров. Существующие на данный момент способы огнезащиты строительных конструкций можно разделить на несколько типов (табл. 1).

К числу наиболее эффективных средств огнезащиты строительных конструкций следует отнести плиты и огнезащитные штукатурки на основе вспученного вермикулита, наиболее термостойкого из легких заполнителей, и минеральных вяжущих (гипс, портландцемент) [1, 2]. Составы на гипсе широко применяются для внутренней отделки помещений, выполняющие одновременно и огнезащитные

функции. Благодаря высокой температуре плавления (1380 °С) и низкому коэффициенту теплопроводности (0,04-0,06 Вт/(м·К), вспученный вермикулит нашел широкое применение в жаростойких бетонах и для специальной теплоизоляции.

С применением гипса с заполнителями из перлита и вермикулита производят огнезащитные штукатурки с плотностью от 300 кг/м³, теплопроводностью от 0,08-0,09 Вт/(м·К), обеспечивающие предел огнестойкости строительным конструкциям до 3 часов. Из-за невысокой влагостойкости гипсовые штукатурки применяются только внутри помещений с относительной влажностью воздуха не более 70%.

Эффективность применения туфового песка (отходов пиления вулканического туфа) в качестве заполнителя теплоогнезащитного раствора и бетона обусловлена высокой огнеупорностью 1200-1280 °С, пористостью, кроме того, пылевидные фракции отходов пиления туфа являются активной гидравлической до-

Таблица 1 – Способы огнезащиты строительных конструкций

Название способа	Преимущества	Недостатки
Бетонирование, оштукатуривание, обкладка кирпичом	Относительно низкая стоимость материалов	Большая масса. Необходимость применения стальной сетки или анкеров. Большая трудоемкость работ. Сложность восстановления и ремонта
Установка облицовок или экранов из плитных или листовых материалов	Повышенная вибростойкость и долговечность за счет механического крепления к конструкциям. Возможность демонтажа и ремонтпригодность. Высокая производительность работ при установке огнезащиты. Хорошие защитно-декоративные качества	Большие толщины огнезащитных материалов (в случае волокнистых материалов). Высокий уровень паропроницаемости. Перерасход материала при низком уровне требуемых пределов огнестойкости.
Нанесение методами набрызга или полусухого торкретирования составов на минеральном вяжущем	Относительно низкая трудоемкость. Возможность эксплуатации в атмосферных условиях (для составов на основе портландцемента)	Низкая вибростойкость и долговечность покрытия при больших толщинах слоев. Большая продолжительность нанесения и невозможность проведения других работ. Сложность восстановления и ремонта. Трудность обеспечения и контроля заданных толщин покрытия
Нанесение напылением вспучивающихся покрытий	Относительно низкая трудоемкость. Малая толщина покрытия	Низкий уровень достигаемых пределов огнестойкости (до 45-60 мин). Трудность обеспечения и контроля заданных толщин

бавкой, снижающей расход вяжущего. Кроме того, известно, что относительная линейная деформация цементного камня с добавкой тонкомолотого пепла в соотношении 60:40 при нагревании до 800-900 °С снижается почти в два раза, уменьшается также температурный коэффициент расширения цементного камня на 50% [3].

Исходя из результатов ранее проведенных экспериментов, в дальнейших исследованиях для разработки огнезащитных вермикулитобетонов в качестве заполнителей применялись отходы пиления вулканического туфа фракции 0-0,14 мм, вспученный вермикулит фракции 0,16-5 мм с насыпной плотностью 150 кг/м³.

Приготовление гипсовермикулитотуфобетонной смеси осуществляли в смесителе

принудительного действия, в который после подачи воды с добавкой СДО последовательно загружали смесь гипса, извести и туфового песка, затем – вспученного вермикулита или предварительно перемешанную всухую смесь гипса, негашеной извести, туфового песка и вспученного вермикулита. Перемешивание всех компонентов продолжали до получения однородной огнезащитной сырьевой смеси. Продолжительность перемешивания смеси составляла 1,5-2 мин. Образцы-балочки размером 4х4х16 см из гипсовермикулитотуфобетонных составов формовались литьевым способом.

Ранее проведенные исследования показали, что для огнезащиты строительных конструкций эффективны вермикулитобетоны со средней плотностью 500-800 кг/м³ составов

Таблица 2 – Соотношение компонентов в смеси и основные физико-механические свойства гипсоизвесткововермикулитотуфобетонного композита

№№ составов	Соотношение компонентов в смеси, мас. %				Количество СДО в % от массы вяжущего	Вода / вяжущее	Средняя плотность ρ , кг/м ³	Предел прочности, МПа	
	гипс	известь	туфовый песок	вермикулит				на сжатие	на изгиб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	41,3	13,7	15,2	29,8	–	1,25	760	1,55	1,1
2	41,3	13,7	15,2	29,8	0,05	1,2	750	1,55	1,1
3	41,3	13,7	15,2	29,8	0,1	1,15	740	1,6	1,05
4	41,3	13,7	15,2	29,8	0,15	1,1	725	1,65	1,1
5	41,3	13,7	15,2	29,8	0,2	1,1	720	1,65	1,1
6	41,3	13,7	15,2	29,8	0,25	1,08	715	1,6	1,05
7	41,3	13,7	15,2	29,8	0,3	1,08	715	1,60	1,05
8	35,8	11,9	13,2	39,1	–	1,55	570	0,75	0,55
9	35,8	11,9	13,2	39,1	0,05	1,5	570	0,75	0,55
10	35,8	11,9	13,2	39,1	0,1	1,45	560	0,8	0,55
11	35,8	11,9	13,2	39,1	0,15	1,35	540	0,85	0,6
12	35,8	11,9	13,2	39,1	0,2	1,3	540	0,85	0,6
13	35,8	11,9	13,2	39,1	0,25	1,25	535	0,85	0,55
14	35,8	11,9	13,2	39,1	0,3	1,25	535	0,8	0,55

(вяжущее: вермикулит) 1:2, 1:3 и 1:4 по объему [4]. Дальнейшее уменьшение средней плотности не приводит к повышению огнезащитных свойств и не достигается требуемая прочность вермикулитобетона.

Нами разработаны эффективные огнезащитные гипсобетонные композиты с применением следующих материалов: гипс полуводный; известь воздушная кальциевая; вспученный вермикулит; отходы пиления вулканического туфа Заюковского месторождения; поверхностно-активная воздухововлекающая добавка СДО (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что предлагаемые составы при одинаковой плотности и прочности на сжатие и изгиб огнезащитных бетонов позволяют существенно сократить расход гипса. Использование негашеной извести в качестве возбудителя скрытой гидравлической активности туфового песка позволяет уменьшить

расход гипса на 26,3-30,6% без снижения прочности огнезащитного бетона. Кроме того, замедляются сроки схватывания и повышается коэффициент водостойкости гипсобетонных композитов. Эксперименты показали, что при содержании поверхностно-активной добавки СДО 0,15-0,2% от массы вяжущего расход воды для смеси существенно уменьшается, средняя плотность бетонного композита снижается на 30-40 кг/м³. Прочностные характеристики гипсоизвесткововермикулитотуфобетона с добавкой и без нее на 28-е сутки остаются практически неизменными.

Исследования огнезащитных свойств гипсобетонных композитов проводили испытанием на огнестойкость образцов размерами 190×190 мм на электрической печи в горизонтальном положении по температурному режиму «стандартного» пожара, регламентированному ГОСТ 30247.1-94. Предел огнестойкости

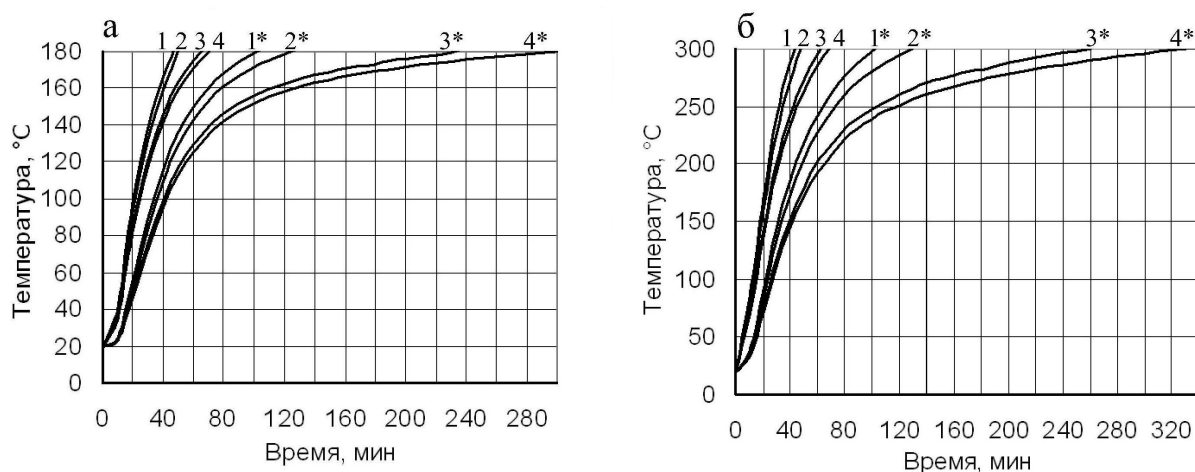


Рис. 1. Экспериментальные кривые изменения температуры на необогреваемой поверхности (а) и на уровне тканой сетки (б) двухслойных армоцементных образцов:
 1, 3 – гипсовермикулитобетонные композиты со средней плотностью 750 кг/м^3 и 560 кг/м^3 соответственно толщиной слоя 15 мм; 1*, 3* – то же толщиной 25 мм;
 2, 4 – гипсоизвесткововермикулитотуфобетонные композиты со средней плотностью 720 кг/м^3 и 540 кг/м^3 соответственно толщиной слоя 15 мм; 2*, 4* – то же толщиной 25 мм

по несущей способности (R) армоцементных плит оценивали по прогреву тканой сетки в конструктивном слое (на границе слоев) до $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Влажности мелкозернистого бетона армоцементного слоя и огнезащитного состава к моменту испытаний составляли соответственно 3-4% и 8-10%. Во время огневых испытаний двухслойных элементов нарушений их целостности не обнаружено.

Результаты испытаний на огнестойкость армоцементных плит с огнезащитным слоем представлены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что разработанные гипсоизвесткововермикулитотуфобетонные композиты обеспечивают более высокие пределы огнестойкости армоцементных плит по сравнению с гипсовермикулитобетонными. Это объясняется образованием гидросиликатов тоберморитовой группы, железистого волластонита и аллофана, обладающих более высокими жаростойкими свойствами по сравнению с двухводным гипсом. Кроме того, добавка СДО дополнительно поризует гипсоизвесткововермикулитотуфобетонный композит, что способствует повышению огнезащитных свойств. Наиболее высокими огнезащитными свойствами обладают составы со средней плотностью 540 кг/м^3 .

Изучение огнестойкости строительных конструкций испытаниями по «стандартному» температурному режиму представляет собой трудоемкую задачу, для решения которой требуется дорогостоящее оборудование. В этой связи большое значение имеют расчетные методы определения пределов огнестойкости конструкций.

Для расчета огнестойкости строительных конструкций в нашей стране разработаны численные и аналитические методы. Наибольшее предпочтение отдается численным методам ввиду их несложной реализации с помощью современной вычислительной техники. Большой вклад в развитие этих методов внесли А. Ф. Милованов, И. Г. Романенков, А. И. Яковлев, Х. П. Культербаев, Т. А. Хежев и др. [4, 5]. Начинают развиваться методы расчета температурных полей в условиях пожара с использованием теории возмущения по малому параметру.

Нами разработан алгоритм теплотехнического расчета предела огнестойкости многослойных строительных конструкций, обеспечивающий приемлемое совпадение расчетных значений с экспериментальными данными. Алгоритм расчета предела огнестойкости строительных конструкций с огнезащитным слоем

сводится к решению теплофизической задачи. Распределение температуры $t(x, \tau)$ по толщине многослойной конструкции описывается уравнением Фурье:

$$\rho(x) c(t, x) \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(t, x) \frac{\partial t}{\partial x} \right) \quad (1)$$

$$(x, \tau) \in Q \equiv \{(x, \tau) : x \in (0, l), \tau \in (0, T)\},$$

где x, τ – координаты в пространстве и времени; $c(t, x), \lambda(t, x), \rho(x)$ – удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности и плотность материала; l – толщина конструкции; T – некоторое конечное значение времени. Неоднослойность конструкции обуславливает зависимость c и λ от пространственной координаты x , кроме того, они являются еще функциями времени косвенно через $t(x, \tau)$. Плотность вермикулитобетона принимается неизменной, так как во время пожара существенно не изменятся. Из-за многослойности конструкции плотность материала зависит от пространственной координаты.

Для решения вышеприведенной задачи в работе использованы численные методы, нашедшие применение в различных областях науки и техники [6, 7].

Для решения теплофизической задачи огнестойкости двухслойной строительной конструкции из огнезащитного и армоцементного слоев к уравнению (1) присоединяются начальные и граничные условия. Начальные условия заданы формулой:

$$t(x, 0) = \varphi(x) \quad x \in [0, l] \quad (2)$$

где $j(x)$ – функция распределения температуры по толщине конструкции. Через наружные поверхности конструкции осуществляется теплообмен с окружающими средами, температуры которых: $T_n(t)$ – температура пожара, $T_c(t)$ – температура наружного воздуха, известны. Тогда граничные условия примут вид [8]:

$$\lambda_b(t) \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = \alpha_b(t) [t(0, \tau) - T_n(\tau)], \quad \tau > 0, \quad (3)$$

$$-\lambda_a(t) \frac{\partial t(l, \tau)}{\partial x} = \alpha_a(t) [t(l, \tau) - T_c(\tau)], \quad \tau > 0. \quad (4)$$

Здесь $\lambda_b(t) = \lambda_b(0), \lambda_a(t) = \lambda_a(l)$ – коэффициенты теплопроводности вермикулитобетона и армоцемента соответственно; α_b – коэффициент теплопередачи от нагреваемой среды (огневой камеры) к поверхности конструкции (вермикулитобетонному слою); α_a – коэффициент теплопередачи от необогреваемой поверхности (армоцементного слоя) в окружающую среду. В такой модели $T_c(\tau)$ и $\varphi(x)$, как правило, в практических расчетах оказываются постоянными величинами.

Уравнение (1), начальные и граничные условия (2) – (4) образуют задачу о распределении температуры по толщине конструкции. Коэффициенты, входящие в уравнение и дополнительные условия, определяются по известным формулам для двухслойной конструкции [5, 9]:

$$\lambda_b(t) = \lambda_1 + k_1 t, \quad c_b(t) = c_1 + k_2 t, \quad \lambda_a(t) = \lambda_2 + k_3 t, \quad c_a(t) = c_2 + k_4 t, \quad (5)$$

$$\alpha_b(t) = 29 + \frac{5,77 \varepsilon_b}{t(0, \tau) - T_n} \left[\left(\frac{T_n + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t(0, \tau) + 273}{100} \right)^4 \right],$$

$$\alpha_a = 1,5 \sqrt{t(l, \tau) - T_c} + \frac{5,77 \varepsilon_a}{t(l, \tau) - T_c} \left[\left(\frac{t(l, \tau) + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c + 273}{100} \right)^4 \right],$$

где $\lambda_1, \lambda_2, c_1, c_2$ – начальные характеристики коэффициентов теплопроводности и теплоемкости соответственно вермикулитобетона и армоцемента; k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты, численные

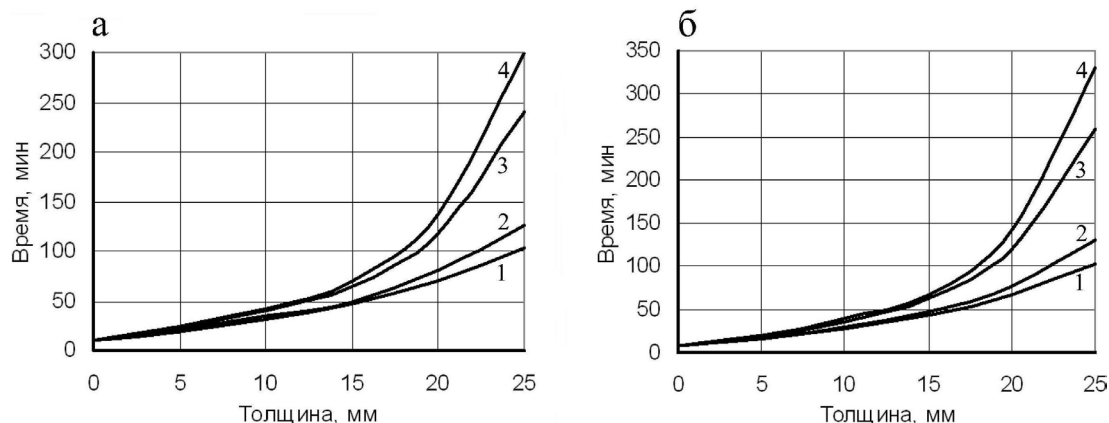


Рис. 2. Зависимость предела огнестойкости двухслойных армоцементных элементов по признаку потери теплоизолирующей способности (а) и потери несущей способности (б) от толщины и состава гипсобетонного слоя (1, 2, 3, 4 – смотри рис. 1)

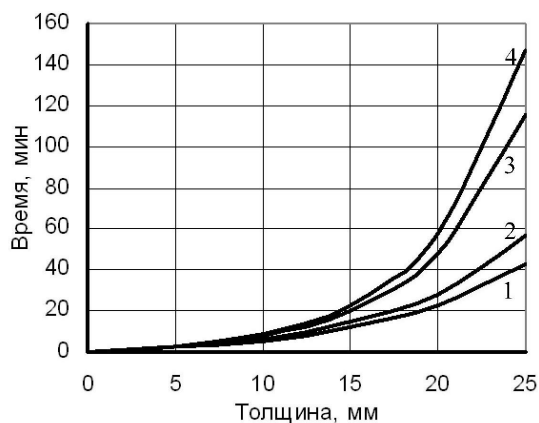


Рис. 3. Зависимость предела огнестойкости гипсобетонных плит по признаку потери теплоизолирующей способности от толщины и состава гипсобетона (1, 2, 3, 4 – смотри рис. 1)

значения которых определяются из критерия удовлетворительного совпадения экспериментальных и расчетных кривых прогрева плит; ε_b , ε_a – степени черноты соответственно вермикулитобетона и армоцемента.

Вследствие зависимости удельных теплоемкостей и коэффициентов теплопроводности от температуры уравнение (1) и граничные условия (3) – (4) являются нелинейными. Поэтому для решения задачи (1) – (4) применяют численные методы. В работе использована конечноразностная неявная двухслойная схема вычислений в сочетании с методом прогонки и итерации. При этом производные, входящие в уравнение теплопроводности и граничные условия, заменяются известными разностными соотношениями.

Затем решается система алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей коэффициентов на каждом верхнем слое по времени. Нелинейность алгебраических уравнений преодолевается с помощью метода итерации и прогонки [10].

Нами разработано программное обеспечение теплотехнического расчета предела огнестойкости армоцементных конструкций с огнезащитным слоем из гипсовермикулитобетона. С использованием ПЭВМ проведены вычисления с погрешностью равной 0,001 и определены коэффициенты k_1 , k_2 , k_3 , k_4 формул (5), обеспечивающих приемлемое совпадение теоретических и экспериментальных кривых, в результате которых получены выражения для коэффициентов теплопроводности и теплоемкости:

армоцемент –

$$\lambda_a(t) = 0,83 - 0,0004t, \quad c_a(t) = 770 + 0,8t;$$

гипсовермикулитобетонный композит плотностью 750 кг/м³ –

$$\lambda_o(t) = 0,12 + 0,00012t, \quad c_o(t) = 748 + 0,63t;$$

гипсоизвесткововермикулитотуфобетонный композит плотностью 720 кг/м³ –

$$\lambda_o(t) = 0,115 + 0,0001t, \quad c_o(t) = 748 + 0,63t;$$

гипсовермикулитобетонный композит плотностью 560 кг/м³ –

$$\lambda_o(t) = 0,102 + 0,00007t, \quad c_o(t) = 748 + 0,63t;$$

гипсоизвесткововермикулитотуфобетонный композит плотностью 540 кг/м³ –

$$\lambda_o(t) = 0,098 + 0,00064t, \quad c_o(t) = 748 + 0,63t.$$

Зависимость предела огнестойкости армоцементных конструкций от толщины и состава гипсобетонного слоя, полученная расчетным методом с использованием алгоритма и программного обеспечения теплотехнического расчета предела огнестойкости многослойных строительных конструкций, приведена на рис. 2.

Расчетная зависимость предела огнестойкости гипсобетонных плит по признаку потери теплоизолирующей способности от толщины и

состава вермикулитобетона показана на рис. 3.

Таким образом, применение разработанных огнезащитных гипсоизвесткововермикулитотуфобетонных композитов позволяет существенно сократить расход гипса при одновременном повышении их огнезащитных свойств. Используя полученные выражения для коэффициентов теплопроводности и теплоемкости гипсобетонов, можно рассчитывать огнестойкость двухслойных конструкций численными методами с применением разработанного программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ахтямов Р. Я.* «Вермивол» – новое огнезащитное покрытие на основе вспученного вермикулита // *Строительные материалы*. 2002. №6. С. 6-7.
2. *Дубенецкий К. Н., Пожнин А. П.* Вермикулит. Л.: Стройиздат, 1971. 175 с.
3. *Мириев И. М., Дубашинский Л. Б., Гусейнова Л. Г.* Влияние микронаполнителей из местных материалов на прочностные и жароупорные свойства цементного камня // *Жаростойкие бетон и железобетон в строительстве*. М.: Стройиздат, 1966. С. 110-115.
4. *Хежев Т. А.* Технология армоцементных конструкций высокой огнестойкости с теплозащитным слоем из эффективного легкого бетона: дисс... 05.23.05, д. т. н. Ростов-на-Дону, 2007. 304 с.
5. *Яковлев А. И.* Расчет огнестойкости строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1888. 142 с.
6. *Калиткин Н. Н.* Численные методы. М.: Наука, 1978. 512 с.
7. *Самарский А. А., Гулин А. В.* Устойчивость разностных схем. М.: Наука, 1973. 416 с.
8. *Тихонов А. Н., Самарский А. А.* Уравнения математической физики. М.: Наука, 1971. 736 с.
9. *Романенков И. Г., Зигерн-Корн В. Н.* Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов. М.: Стройиздат, 1984. 240 с.
10. *Самарский А. А.* Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971. 552 с.

DEVELOPMENT OF FIRE-PROTECTIVE PLASTER SURFACES COMPOSITES AND DESIGN METHOD FOR DETERMINING THE FIRE RESISTANCE OF TWO-LAYER ARMOCEMENT ELEMENTS

© T. A. Khezhev

KBSU named after H. M. Berbekov, Nalchik, Russia

The results of studies of gypsum-limestone cement-vermiculite and concrete composites are given. Expanded resource base, increased strength and flame retardant properties, as well as reduced cost of the composite. using volcanic tuff in the raw mix.

The results of experimental studies of the fire resistance of two-layer cement-containing elements are given. An algorithm for heat engineering calculation of the fire resistance limit of multi-layer building structures has been developed, which ensures acceptable agreement between the calculated values and experimental data. The software for the heat engineering calculation of the fire resistance limit of cement-cement constructions with a fireproof layer made of gypsum vermiculite concrete has been developed, expressions for the thermal conductivity and heat capacity of the developed composites have been obtained.

Key words: fire resistance, fire protection methods, gypsum vermiculite phobic-ton composites, heat conductivity and heat capacity coefficients of gypsum concrete, numerical method for calculating fire resistance.

REFERENCES

1. Akhtyamov, R. Ya. (2002) ‘«Vermivol» – novoe ognезashchitnoe pokrytie na osnove vspuchennogo vermikulita’ // Stroitel’nye materialy. [“Vermivol” – a new fire-retardant coating based on expanded vermiculite // *Construction materials*]. №6. Pp. 6-7.
2. Dubenetskii, K. N. and Pozhnin, A. P. (1971) Vermikulit. L.: Stroiizdat. 175 p.
3. Miriev, I. M., Dubashinskii, L. B. and Guseinova, L. G. (1966) Vliyanie mikronapolnitelei iz mestnykh materialov na prochnostnye i zharoupornye svoistva tsementnogo kamnya // Zharostoikie beton i zhelezobeton v stroitel’stve. [The effect of microfillers from local materials on the strength and heat-resistant properties of cement stone // *Heat-resistant concrete and reinforced concrete in construction*]. M.: Stroiizdat. Pp. 110-115.
4. Khezhev, T. A. (2007) Tekhnologiya armotsementnykh konstrukttsii vysokoi ognestoikosti s teplo-zashchitnym sloem iz effektivnogo legkogo betona: diss...05.23.05 d. t. n. [Technology of high-fire resistance cement-cement structures with a heat-protective layer of effective lightweight concrete: the dissert. doctor of technical sciences]. Rostov-on-Don. 304 p.
5. Yakovlev, A. I. (1988) Stroiizdat. Raschet ognestoikosti stroitel’nykh konstrukttsii. [Calculation of fire resistance of building structures]. Moscow. 142 p.
6. Kalitkin, N. N. (1978) Chislennyye metody. [Numerical methods]. Science. M. 512 p.
7. Samarskii A. A. and Gulin, A. V. (1973) Ustoichivost’ raznostnykh skhem. [Stability of difference schemes]. Science. M. 416 p.
8. Tikhonov, A. N., Samarskii A. A. (1971) Uravneniya matematicheskoi fiziki. [Equations of mathematical physics]. Science. M. 736 p.
9. Romanenkov, I. G. and Zigern-Korn, V. N. (1984) Ognestoikost’ stroitel’nykh konstrukttsii iz ef-fektivnykh materialov. [Fire resistance of building structures from effective materials]. Stroyizdat. M. 240 p.
10. Samarskii, A. A. (1971) Vvedenie v teoriyu raznostnykh skhem. [Introduction to the theory of difference schemes]. Science. M. 552 p.

ВЕСТНИК ГГНТУ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

2019. Том XV. № 1 (15)

Редактор – *Таймасханова З.Р.*
Корректор, дизайн и верстка – *Маслов Е.Н.*
Технический секретарь – *Алаудинова А.И.*

Подписано в печать 04.09.2019
Выход в свет 19.09.2019
Формат 60x84/8. Печать офсетная
Усл. печ. л. 13,2. Тираж 150 экз. Заказ № 81

Свободная цена

ИПЦ ИП Цопанова А.Ю.
362002, г. Владикавказ, пер. Павловский, 3