



СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

настоящее и будущее

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

II Всероссийской научной конференции,
посвящённой столетнему юбилею МИСИ - МГСУ
18 - 19 ноября 2021 года
НИУ МГСУ, г. Москва



2021

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2021
ISBN 978-5-7264-2933-5

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2021

УДК 691
ББК 38.3
С86

С86

Строительное материаловедение: настоящее и будущее [Электронный ресурс] : сборник материалов II Всероссийской научной конференции, посвящённой столетнему юбилею Московского государственного строительного университета МИСИ – МГСУ (г. Москва, 18–19 ноября 2021 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт строительства и архитектуры, кафедра строительного материаловедения. — Электрон. дан. и прогр. (20 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2021. — Режим доступа: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-2933-5

В сборнике представлены результаты научных исследований, направленных на разработку новых технологических решений, обеспечивающих как повышение эксплуатационных свойств строительных материалов, традиционно применяемых в строительной практике, так и создание новых композитов, обладающих уникальным комплексом свойств, а также фундаментальных исследований в области строительного материаловедения.

Для научных сотрудников, специалистов данной области, аспирантов и обучающихся строительных вузов.

Научное электронное издание

*Материалы публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных тезисов докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений.*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2021

Подбор материала и ответственные за выпуск:

С.И. Баженова, А.С. Пилипенко

Кафедра строительного материаловедения,
институт строительства и архитектуры (ИСА НИУ МГСУ)

Тел . +7 (499) 183-32-29

E-mail: isa-confero@mgsu.ru , pilipenkoas@mgsu.ru

Сайт: https://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/Str_materialov/index.php

Компьютерная верстка *А.С. Пилипенко*

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 30.09.2021. Объем данных 20 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет»

129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Издательство МИСИ–МГСУ.

Тел.: (495) 287-4914, вн. 1423, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.

E-mail: rio@mgsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Теоретические основы получения строительных композитов.....	9
<i>А.Ф. Бурьянов, Х.-Б. Фишер, Ю.А. Соколова, Н.А. Гальцева, Е.Н. Булдыжова</i>	
Изучение влияния температуры обжига на природный гипсовый камень	9
<i>Е.С. Егоров, С.В. Самченко</i>	
Активация предварительно гидратированной цементной суспензии в роторно-пульсационном аппарате	12
<i>Т.А. Мацевич, А.А. Аскадский</i>	
Динамические модули упругости полимерных смесей	19
<i>И.В. Козлова, О.В. Земскова, М.О. Дударева</i>	
Биологическая коррозия цементного камня	25
<i>С.В. Самченко, М.А. Абрамов, А.О. Мурашов</i>	
Подбор состава бетонной смеси для технологии «Белая ванна»	29
<i>С.В. Самченко, М.А. Абрамов, А.Б. Османов</i>	
К вопросу об активации цементного вяжущего с применением дезинтеграторной технологии.....	33
<i>С.В. Самченко, Н.В. Новиков</i>	
Изучение влияние тонкомолотой барийсодержащей добавки на свойства композиционного материала	38
<i>В.Н. Соков, Н.С. Дмитриев, М.В. Глушкова, М.Б. Каддо</i>	
Самоуплотняющиеся массы на основе гидрогелевого расширяющегося заполнителя	43
<i>Н.Г. Стенина</i>	
Инновационное значение природоподобных технологий в строительном материаловедении	48
<i>А.А. Трещев, Ю.А. Завьялова, М.А. Лапина</i>	
Модель связи деформаций с напряжениями для структурно ортотропных и деформационно анизотропных материалов.....	55

А.М. Гарафиев, Р.Х. Мухаметрахимов

Исследование перколяции электрического тока в среде модифицированных цементных композитов для энергосбережения в технологии электродного прогрева 109

Танг Ван Лам, Ву Ким Зиен, Булгаков Б.И., Баженова С.И.

Применение доменного шлака и золы-уноса в геополимерных бетонах для строительства сооружений во Вьетнаме 113

С.Ю. Шеховцова, А.О. Карпунина

Проблема утилизации и применения микропластика, состояние вопроса 122

Современные полифункциональные строительные материалы..... 125

О.А. Ларсен, А.М. Бахрах

Влияние времени гомогенизации композиционного вяжущего на удельное электрическое сопротивление токопроводящего цементного камня 125

О.А. Ларсен, А.А. Солодов, С.В. Самченко

Современные способы повышения качества бетонных поверхностей 131

Бекеле Арега Демисси, А.Д. Жуков, А.А. Медведев, Д.А. Колесова

Оптимизация состава вяжущего на основе туфа-скория 134

Б.И. Булгаков, Нго Суан Хунг

Влияние минеральных добавок на проницаемость структуры бетонов для хлорид-ионов 140

Р.М. Дворников, А.К. Alobaidi Dheyaa, Е. Г. Величко

Комплексная химико-минеральная модификация состава и структуры пенобетона..... 146

А.С. Пилипенко, М.Б. Каддо, А.Р. Скаяев, Е.О. Безверхова

Разработка аэрогелевых материалов на основе конопляной наноцеллюлозы.. 152

Марк Содомон, И.В. Степина, А.Д. Жуков, А.М. Минаева

Теплоизоляционные материалы на основе модифицированного растительного сырья 155

Рави Сагар Поудел, А.Д. Жуков, И.В. Бессонов, В.М. Бесфамильная

Текстиль-бетон. Оптимизация состава 160

ПРИМЕНЕНИЕ ДОМЕННОГО ШЛАКА И ЗОЛЫ-УНОСА В ГЕОПОЛИМЕРНЫХ БЕТОНАХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ ВО ВЬЕТНАМЕ

Танг Ван Лам¹, канд. техн. наук

Ву Ким Зиен², аспирант

Булгаков Б.И.², канд. техн. наук, доцент

Баженова С.И.², канд. техн. наук, доцент

¹Ханойский горно-геологический университет, г. Ханой (Вьетнам)

²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Бесцементные вяжущие и бетоны на их основе были известны еще в середине прошлого столетия, но большинство из них не получило широкого распространения для строительных работ во Вьетнаме. В статье рассмотрены проблемы производства геополимерных бетонов - современных строительных материалов, повышающих экологичность производства изделий и конструкций в результате использования многотоннажных промышленных отходов в виде топливной золы-уноса и доменного шлака, а также поиска путей снижения затрат на производство.

Ключевые слова: многотоннажные промышленные отходы, зола-уноса, доменный шлак, геополимерный бетон, строительные материалы.

В связи с расширением строительства в развивающихся странах с каждым днем возрастает потребность в строительных материалах, поэтому является актуальным стремление использовать для их производства различные вторичные ресурсы и в первую очередь, многотоннажные промышленные отходы.

Тонкодисперсные активные минеральные компоненты, содержащиеся в подобных отходах, позволяют снизить расход цемента или полностью заменить портландцемент, а также уплотнить структуру бетона за счет уменьшения его пористости и связывания свободного гидроксида кальция в менее растворимые соединения и в результате этого улучшить эксплуатационные свойства бетона и, кроме того, избежать расслоения бетонной смеси при использовании суперпластификаторов [1, 2].

В последние годы, только на территории Российской Федерации производится более 68 млн. тонн цемента и 30 млрд. м³ бетонных изделий в год. Обыкновенный портландцемент, чье производство оказывает тяжелое воздействие на окружающую среду, является основным ингредиентом бетона. Производство цемента формирует примерно 7% мирового выброса парниковых газов в атмосферу [3].

В то же время, многие промышленные отходы обладают пуццоланической и даже гидравлической активностью, что делает их близкими по свойствам к цементам, но в основном во многих странах мира они выбрасываются на свалки. Поэтому использование побочных продуктов промышленности для получения геополимерных бетонов (ГПБ) будет способствовать не только сохранению природных ресурсов, но решению проблемы утилизации промышленных отходов и, тем самым, охране окружающей среды.

В настоящее время проблема утилизации отходов энергетической отрасли остается нерешенной, например, использование низкокальциевых зол-уноса не превышает 12% от объема их выбросов [4]. С начала XX века производство образующихся шлаков вместе с развитием металлургической промышленности неизменно увеличивалось. По данным ассоциации EUROSLAG [5] в Европе в 2018 году доменного шлака образовалось 25,2 млн. т. и почти столько же в 2019 году [6].

В настоящее время во Вьетнаме большая часть доменного шлака (ДШ). Согласно [3, 4, 6] во Вьетнаме количество образующегося доменного шлака составляет около 750 тыс. т. в год и в настоящее время большая его часть используется для производства цемента или в качестве добавки в бетонные и растворные смеси. Еще одна возможность использования доменного шлака - строительство дорог с его применением, что будет способствовать защите окружающей среды от загрязнения.

Другим и более серьезным источником нарушения экологического равновесия на значительной территории во Вьетнаме служат отходы теплоэлектростанций (ТЭС). Их существенную часть составляют золы - уноса (ЗУ) с годовым объемом более 880 тыс. т. [7]. При этом, в отличие от ЗРШ топливные золы для удобрения сельскохозяйственных полей не используются из-за их большой токсичности, что делает поиск путей решения проблемы их рациональной утилизации более актуальным. Применение ДШ и ЗУ ТЭС в виде компонентов вяжущего в геополимерные бетонные и растворные смеси будет способствовать не только расширению сырьевой базы строительной индустрии во Вьетнаме и снижению себестоимости строительства, но и решению серьезной экологической проблемы. Ее практическая реализация возможна только при комплексном подходе к использованию этих крупнотоннажных отходов в такой перспективной сфере производства, как строительство, в том числе и а также гидротехнических сооружений прибрежной инфраструктуры [8, 9].

Сейчас многими учеными проводятся обширные исследования оценки целесообразности использования промышленных отходов для замены портландцемента, а также для использования отходов промышленности в качестве добавок, снижающих его расход. С этой целью одной из успешных попыток стало создание геополимербетонных, которые полностью исключают необходимость использования портландцемента для получения бетонных изделий. Вместе с тем, еще недостаточно исследованы общие закономерности воздействия вещественного и гранулометрического состава, дисперсности и поверхностного потенциала отдельных видов шлаков и щелочных затворителей на структурообразование и свойства теста и геополимерного камня [6, 8, 9].

Одними из важнейших составляющих геополимерных бетонов помимо щелочных компонентов являются наполнители и заполнители, содержащие аморфный кремнезем (SiO_2) и активный оксид алюминия (Al_2O_3). Это могут быть как природные материалы, например глина, так и техногенные отходы в виде топливной золы-уноса, золы рисовой шелухи, металлургического доменного шлака и др. В то же время, наиболее подходящими щелочными компонентами в качестве активирующего раствора для производства являются щелочи на основе натрия или калия. Для регулирования сроков схватывания бетонных

смесей как и при использовании цементов применяют природный двуводный гипс.

Целью настоящего исследования стало получение геополимерного бетона на бесцементном вяжущем с прочностью на сжатие порядка 60 МПа в возрасте 28 суток с использованием золы-уноса и доменного шлака в сочетании с активирующим щелочным раствором, состоящим из NaOH и Na₂SiO₃.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы. В работе были использованы следующие сырьевые компоненты.

1. Активные минеральные добавки

Использованные активные минеральные добавки (МДО) включали топливную золу-уноса и доменный шлак.

а. Зола-уноса

Низкокальциевая зола-уноса ТЭС «Вунг Анг» (Вьетнам) класса F, соответствовала требованиям ГОСТ 25818-2017 [10], её влажность составляла 1,15%, истинная плотность $\rho = 2,19 \text{ г/см}^3$, насыпная плотность - $0,955 \text{ г/см}^3$. Химический состав использованной золы приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав золы-уноса ТЭС «Вунг Анг»

Содержание компонентов, % масс.									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	P ₂ O ₅	Потери при прокаливании
52,33	30,65	7,61	0,29	0,18	0,15	0,61	1,78	0,34	6,06

б. Доменный шлак

Доменный шлак металлургического завода «Хоа Фат» (Вьетнам) с истинной плотностью $\rho = 2,67 \text{ г/см}^3$ и удельной поверхностью $3600 \text{ см}^2/\text{г}$. Его химический состав приведен в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав доменного шлака завода «Хоа Фат»

Содержание компонентов, % масс.					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	Потери при прокаливании
36,38	15,76	0,55	40,12	1,25	5,94

2. Мелкий заполнитель

В качестве мелкого заполнителя (П) в исследовании был использован кварцевый песок I класса реки Ло (Вьетнам) с истинной плотностью $2,65 \text{ г/см}^3$ и размером частиц от 0,14 мм до 5 мм, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-2014 [11].

3. Активирующий щелочной раствор

Активирующий щелочной раствор (АР) состоял из водных растворов гидроксида и силиката натрия с плотностью, соответственно, $1,45 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$ и $1,55 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$, в соотношении Na₂SiO₃/NaOH = 2,5 [2, 6, 8, 10]. Его процентный состав по массе: NaOH = 12%; Na₂SiO₃ = 30% и вода = 58%.

4. Суперпластификатор

Для снижения водопотребности бетонной смеси при изготовлении ГПБ использовали поликарбоксилатный суперпластификатор SR 5000F (SR5000)

производства фирмы «Silk Road» с плотностью 1,1 г/см³ при температуре 20 ± 5°С. Это суперпластификатор типа G и соответствует требованиям ASTM C494 [12].

Методы. Методология работы включала:

- для определения предварительного состава геополимерной бетонной смеси был использован метод абсолютных объемов;
- удобоукладываемость бетонной смеси определяли по её расплыву в мм с помощью усеченного миниконуса 100x70x60 мм по ASTM C1611-18 [13] и TCNV 3106:2007 [14];
- среднюю плотность бетонов определяли на образцах - кубах размером 100x100x100 мм согласно ГОСТ 12730.1-78 [15];
- прочность бетонов на сжатие определяли испытанием образцов-кубов размером 100x100x100 мм, а на растяжение при изгибе на образцах - призмах размером 100x100x400 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012 [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Проектирование состава геополимерного бетона

Разрабатываемый геополимерный бетон должен обладать:

- прочностью на сжатие в 28-суточном возрасте порядка 60 МПа, достигаемой после тепловой обработки при температуре 80°С в течение 6 ч. в соответствии с требованиями национального стандарта Вьетнама TCVN 10306:2014 [17], согласно которому, высокопрочный бетон к указанному возрасту твердения должен обладать прочностью более 55 МПа.

Расчет состава геополимерной бетонной смеси производился по методу абсолютных объемов. Исходные соотношения сырьевых компонентов в бетонной смеси по массе, выбранные для проектирования состава геополимерного бетона в результате проведенных исследований и анализа научно-технической литературы [2, 6, 8], приведены в таблице 3.

Таблица 3. Соотношение сырьевых компонентов по массе в бетонной смеси

Соотношения	$\frac{П}{\text{МДО}^{(*)}}$	$\frac{ЗУ}{\text{ДШ}}$	$\frac{AP}{\text{МДО}}$	$\frac{Na_2SiO_3}{NaOH}$	$\frac{SR5000}{\text{МДО}}$	Объем вовлеченного воздуха
Значения	1,3	70/30	от 0,35 до 0,50	2,5	1%	3%

Примечание: ^(*)МДО = ЗУ + ДШ.

Для исследования были выбраны следующие соотношения $\frac{AP}{\text{МДО}}$, равные 0,35; 0,40; 0,45 и 0,50.

С помощью метода абсолютных объемов, а также последующей корректировки на основании полученных экспериментальных результатов, были рассчитаны составы бетонных смесей для получения бесцементных геополимерных бетонов с прочностью на сжатие порядка 60 МПа к 28 суткам после тепловой обработки при температуре 80°С в течение 6 ч. Составы исследованных бетонных смесей приведены в таблице 4.

Таблица 4. Составы геополимерных бетонных смесей

Составы	AP МДО	МДО, кг.	Минеральные добавки		Активирующий раствор		П, кг.	SR5000, л.
			ЗУ, кг.	ДШ, кг.	NaOH, кг.	Na ₂ SiO ₃ , кг.		
ID-01	0,35	859	601	258	86	215	1117	8,7
ID-02	0,40	834	584	250	95	238	1084	8,3
ID-03	0,45	811	568	243	104	261	1054	8,1
ID-04	0,50	789	552	237	113	282	1026	7,9

2. Экспериментальные результаты определения удобоукладываемости и средней плотности бетонных смесей и геополимерных бетонов

Удобоукладываемость бесцементных бетонных смесей для получения геополимерных бетонов оценивали по расплыву конуса (РК) в мм. Испытания проводили с помощью усеченного миниконуса, изображенного на рисунке 1, путем измерения диаметра расплыва в двух взаимно-перпендикулярных направлениях (рисунок 2).

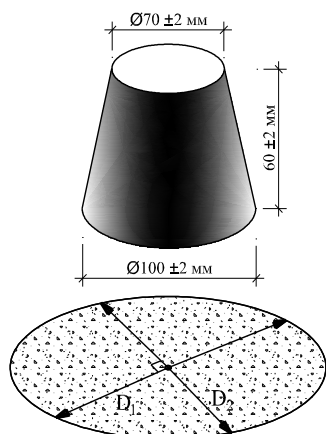


Рисунок 1. Усеченный миниконус для определения расплыва бетонной смеси

Рисунок 2. Определение удобоукладываемости геополимерных бетонных смесей по расплыву конуса

Экспериментальные результаты определения средней плотности геополимерных бетонных смесей и их удобоукладываемости сразу после замеса и спустя 30 мин. представлены в таблице 5.

Таблица 5. Средняя плотность и удобоукладываемость геополимерных бетонных смесей сразу после замеса и спустя 30 минут

Составы	Средняя плотность бетонных смесей, кг/м ³	Распływ конуса, мм	
		Сразу после замеса	Через 30 мин. после замеса
ID-01	2283	190	165
ID-02	2259	200	170
ID-03	2238	210	185
ID-04	2218	220	190

Из полученных экспериментальных результатов определения подвижности бетонных смесей следует, что по этому показателю качества разработанные бе-

тонные смеси удовлетворяют требованиям стандартов TCVN 8218:2009 [18] (Строительство морских и прибрежных сооружений - Технические требования) и TCVN 9139:2012 [19] (Бетонные конструкции для морских сооружений - Технические требования).

В ходе проведенных экспериментов установлено, что полученные бетонные смеси однородны и не проявляют тенденции к расслоению и водоотделению.

Потери подвижности геополимерных бетонных смесей спустя 30 мин. после их получения приведены на рисунке 3.

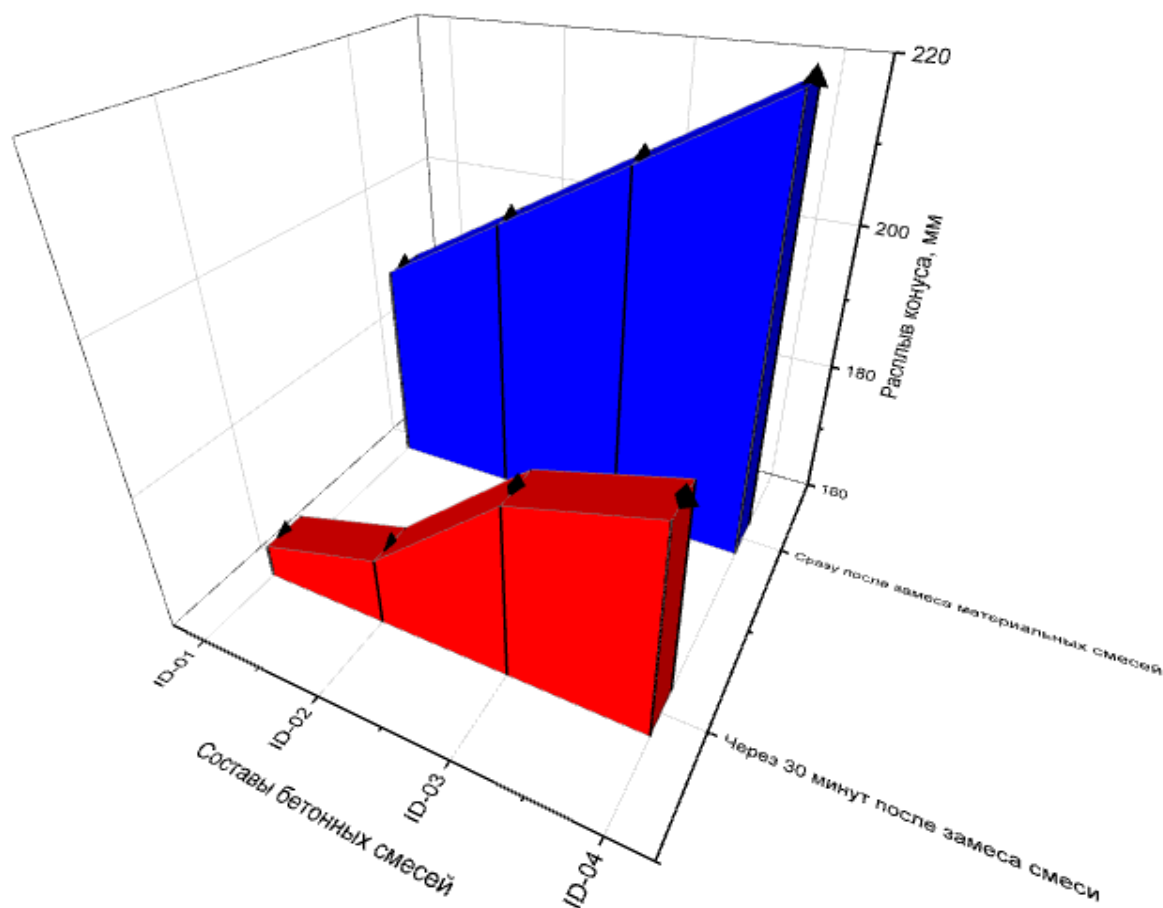


Рисунок 3. Потери подвижности геополимерных бетонных смесей спустя 30 мин. после получения

На рисунке 3 видно, что через 30 мин. после получения удобоукладываемость бетонных смесей снизилась не более, чем на 12-15%, что свидетельствует о хорошей сохраняемости их подвижности. Благодаря этому, разработанные геополимерные бетонные смеси можно транспортировать с помощью насоса и использовать для строительства монолитных многоэтажных зданий и сооружений.

3. Средняя плотность и прочность на сжатие и на растяжение при изгибе ГПБ-образцов в разном возрасте твердения

Результаты определения средней плотности и прочности разработанных ГПБ на сжатие и на растяжение при изгибе в разном возрасте твердения, предварительно подвергнутых тепловой обработке при температуре 80°C в течение 6 ч., приведены в таблице 6 и на рисунках 4 и 5 .

Из приведенных в таблице 6 и на рисунках 4 и 5 экспериментальных результатов видно, что прочность образцов ГПБ-бетонов как на сжатие, так и на растяжение при изгибе, зависит от соотношения $\frac{AP}{MDO}$. Причем, на фоне установленной общей тенденции снижения прочности с ростом указанного соотношения, наибольшие ее значения наблюдаются при величине этого соотношения, равной 0,40.

Таблица 6. Средняя плотность и прочность на сжатие и на растяжение при изгибе ГПБ-образцов в разном возрасте твердения после тепловой обработки при температуре 80°С в течение 6 часов

Составы	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность на растяжение при изгибе, МПа				Прочность на сжатие, МПа			
		3 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.	3 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.
ID-01	2115	2,44	4,47	5,71	6,74	22,4	44,1	56,5	61,4
ID-02	2100	2,94	5,27	6,85	7,44	26,8	48,5	63,2	69,9
ID-03	2020	2,61	4,87	6,14	7,17	23,6	53,1	58,5	63,8
ID-04	2005	2,11	3,63	4,85	5,42	19,6	37,1	47,2	52,4

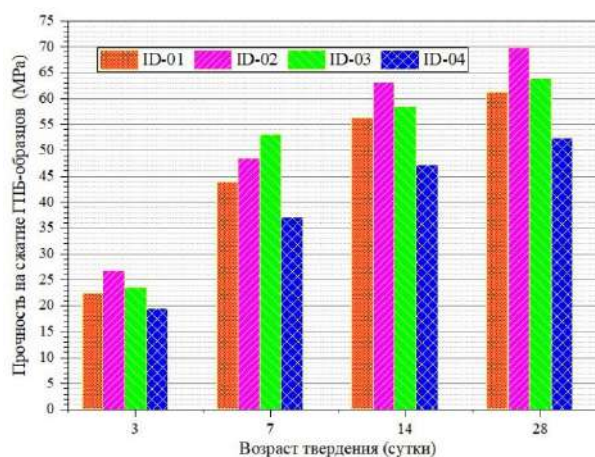
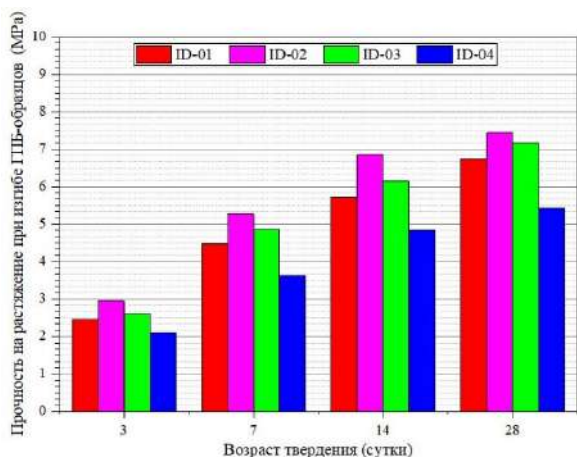


Рисунок 4. Зависимость прочности на растяжение при изгибе ГПБ-образцов от их состава и возраста после тепловой обработки при температуре 80°С в течение 6 часов

Рисунок 5. Зависимость прочности на сжатие ГПБ-образцов от их состава и возраста после тепловой обработки при температуре 80°С в течение 6 часов

Прочность разработанных бетонов на сжатие в возрасте 3 суток твердения, предварительно подвергнутых тепловой обработке в течение 6 ч. при температуре 80°С, составила 37-38% от их 28-суточной прочности, а к 7 суткам твердения – от 69% до 83% указанной прочности, что свидетельствует о их высоком темпе набора прочности в раннем возрасте. Полученные результаты можно объяснить активирующим действием щелочного раствора NaOH + Na₂SiO₃, который вступает во взаимодействие с алюминатными и силикатными составляющими использованных активных минеральных добавок с образованием быстро схватывающейся гелевой полимерной системы, обладающей вяжущими свойствами, особенно при термообработке ГПБ-образцов.

ВЫВОДЫ

1. Используя местные для Вьетнама сырьевые материалы, включая многотоннажные техногенные отходы в виде топливной золы-уноса и доменного шлака, что будет способствовать защите окружающей среды, а также активирующий щелочной раствор, содержащий NaOH и Na_2SiO_3 в соотношении 1:2,5, можно получить геополимерный бетон на бесцементном вяжущем, прочность которого на сжатие и на растяжение при изгибе после тепловой обработки в течение 6 часов при 80°C к 28 суткам достигает, соответственно 69,9 МПа и 7,44 МПа.

2. Высокий темп набора прочности на сжатие в раннем возрасте делает геополимерные бетоны перспективным строительным материалом. Кроме того, производство такого бетона будет способствовать охране окружающей среды за счёт экономии природных ресурсов и возможности использования многотоннажных техногенных отходов.

3. Из полученных экспериментальных результатов видно, что для получения геополимерного бетона, обладающего наибольшей прочностью на сжатие и на растяжение при изгибе, оптимальным является соотношение между активирующим щелочным раствором и активными минеральными добавками в составе бесцементного вяжущего, равное 1:2,5.

4. Необходимо продолжить исследования физико-механических свойств и эксплуатационных показателей разработанных геополимерных бетонов с целью определения наиболее рациональных областей их применения в условиях жаркого и влажного климата Вьетнама. Например, для строительства морских гидротехнических сооружений прибрежной инфраструктуры, поскольку протяженность побережья только материковой части Вьетнама, которое в настоящее время интенсивно осваивается, без учета многочисленных островов превышает 3200 км.

Благодарность. Публикуется при поддержке гранта научно-технической программы Министерства строительства Вьетнама, реализуемой с 2021 года в соответствии № 3813/QĐ-BGDĐT от 20/11/2020 с № B2021-MDA-11.

Библиографический список

1. Кожухова Н.И. Геополимерные вяжущие: природа. Перспективы применения/ Н.И. Кожухова// Сборник докладов III Международного семинара-конкурса молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих строительных смесей. Экспоцентр. 2012.С.81-86.
2. Танг Ван Лам, Нго Суан Хунг, Ву Ким Зиен, Булгаков Б.И., Баженова С.И., Александрова О.В. Геополимерный бетон с использованием многотоннажных техногенных отходов // Строительство: наука и образование. 2021. Т. 11. Вып. 2. Ст. 2. URL: <http://nso-journal.ru> DOI: 10.22227/2305-5502.2021.2.2
3. Thủ tướng Chính phủ. Đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, nhà máy hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong các công trình xây dựng, theo Chỉ thị số 08/TC-TTg, Thủ tướng Chính phủ ngày 26/03/2021.
4. Thủ tướng Chính phủ. Chiến lược phát triển Vật liệu xây dựng Việt Nam giai đoạn 2021-2030, định hướng đến năm 2050, theo Quyết định 1266/QĐ-TTg, Thủ tướng Chính phủ ngày 18/08/2020.

5. Thống kê xỉ lò cao năm 2018. <https://www.euroslag.com/products/statistics/statistics-2018/>
6. Tang Van Lam, Bulgakov B.I., 2021. Khả năng sử dụng xỉ lò cao trong bê tông cho công trình xây dựng ở Việt Nam. BDU Journal of Science & Technology. Vol.03. №.01, 2021. Pp. 26-40.
7. Tang Van Lam. Khả năng sử dụng xỉ lò cao trong bê tông cho công trình xây dựng ở Việt Nam/ Tang Van Lam, Bulgakov B.I., Alexandrova O.V., Larsen O.A. // Tạp chí BGTU im. V.G. Shukhova. 2017. №06. S. 06-12, https://doi.org/10.12737/article_5926a059214ca0.89600468.
8. Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Trung, Đinh Hoàng Quân, (2020). Ảnh hưởng của độ mịn xỉ lò cao đến cường độ bê tông chất kết dính kiểm soát chất lượng. Tạp chí KH&CN Thủy lợi, số 61, trang 16-23, 2020
9. Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Trung, Đinh Hoàng Quân, (2020). Kết quả ứng dụng bê tông CKD KHH sử dụng tro bay và xỉ lò cao tại công trình thử nghiệm. Tạp chí KH&CN Thủy lợi số 63, trang 73-83.
10. ГОСТ 25818-2017. Золо-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. - М.: Изд. Стандарты. 2017. 23 с.
11. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия. - М.: Изд. Стандарты. 2014, 7 с.
12. ASTM C 494. Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, 2019, 21 p.
13. ASTM C1611-18. Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. ASTM International. West Conshohocken. PA. 2018, 15 p.
14. TCVN 3106:2007. Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt. Hanoi, 2010, 10 p.
15. ГОСТ 12730.1-78. Бетоны. Методы определения плотности. - М.: Изд. Стандарты. 2007, 5 с.
16. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. - М.: Изд. Стандарты. 2013, 35с.
17. TCVN 10306:2014. Bê tông cường độ cao – Thiết kế thành phần mẫu hình trụ. Hanoi, 2014, 24 p.
18. TCVN 8218:2009. Bê tông thủy công – Yêu cầu kỹ thuật. Hanoi, 2009, 12 p.
19. TCVN 9139:2012. Công trình thủy lợi – Kết cấu bê tông, bê tông cốt thép vùng ven biển - Yêu cầu kỹ thuật. Hanoi, 2012, 15 p.