

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА  
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)  
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)  
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)  
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей  
международной научной конференции,  
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией  
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;  
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2018

*Редакционная коллегия:*

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),  
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,  
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ** [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРНОГО БЕТОНА

<sup>1</sup>Т.В. Булай, <sup>2</sup>Д.М. Кузьменков, <sup>2</sup>Н.М. Шалухо

<sup>1</sup>Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет, Минск

email: best20.04@mail.ru, kuzmenkov@belstu.by, shalukho@belstu.by

*Описывается значимость серы как химического элемента, технологический процесс получения серного бетона. Авторами отмечены наиболее рациональные области применения серного бетона, положительные и отрицательные свойства исследуемого материала. Приведены экспериментальные данные по исследованию различных составов бетона на природной сере, а также прочностных характеристик серного бетона в зависимости от количества песка и максимальной крупности зерен заполнителя.*

*Ключевые слова: серный бетон, композиционный материал, модификация, кристаллизация, прочность.*

## INVESTIGATION OF PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES SULFUR CONCRETE

<sup>1</sup>T. Bulaj, <sup>2</sup>D. Kuzmenkov, <sup>2</sup>N. Shalukho

<sup>1</sup>Grodno state university of a name Yanka Kupala, Belarus

<sup>2</sup>Belarus state technological university, Minsk

email: best20.04@mail.ru, kuzmenkov@belstu.by, shalukho@belstu.by

*The article describes the importance of sulfur as a chemical element, the process of obtaining sulfur concrete. The authors noted the most rational application of sulfur concrete, positive and negative properties of the studied material. Experimental data on the study of different compositions of concrete on natural sulfur are presented, as well as strength characteristics of sulfur concrete depending on the amount of sand and the maximum grain size of the filler.*

*Keywords: sulfuric concrete, composite materials, modification, crystallization, strength.*

Сера и ее соединения играют исключительную роль в природе и хозяйственной деятельности человека. Сера является весьма распространенным в природе химическим элементом и составляет 0,05% массы земной коры. Сера и ее соединения существуют в твердом, жидком и газообразном состоянии и она способна соединяться практически со всеми химическими элементами.

Атомы серы обладают уникальной способностью образовывать устойчивые гомоцепи, т.е. цепи, состоящие только из атомов S. Сера образует несколько десятков как кристаллических, так и аморфных модификаций, отличающихся составом молекул и полимерных цепей, способом их упаковки и некоторыми свойствами. Наиболее известны три аллотропных видоизменения серы: сера ромбическая, моноклинная, пластическая [1].

В настоящее время сера – один из важнейших видов сырья для многих химических производств. Удивительные особенности, не свойственные большинству других веществ, обусловили постоянный и все возрастающий интерес к этому минеральному вяжущему, при чем для него ищутся все новые области применения.

Серный бетон – композиционный материал, представляющий отформованную затвердевшую смесь, состоящую из минеральных наполнителей и заполнителей, серного вяжущего и различных модифицирующих добавок.

Серные композиции в зависимости от сочетания инертных заполнителей по размерам фракции могут быть изготовлены в виде бетонов, растворов и мастик. По средней плотности серные бетоны подразделяют на легкие, тяжелые и особо тяжелые. По структуре серные бетоны могут быть плотными и крупнопористыми. По цветовой гамме серные бетоны в зависимости от колера красителя могут обладать широким диапазоном цветовых фактур. Подвижность смеси серных бетонов в зависимости от расхода серного вяжущего могут быть литыми, подвижными, жесткими. [2]

Серные бетоны отличаются рядом положительных качеств, в сравнении с другими аналогичными материалами. К ним относят:

- период набора прочности, связанный только с периодом остывания и кристаллизацией серы;
- возможность вторичной переработки материалов, что позволяет организовать безотходное производство изделий;
- стойкость к воздействию агрессивных сред, особенно к действию солевой и кислотной агрессии;
- способность твердения смесей при достаточно низких температурах;
- за счет высокой скорости схватывания — быстрая оборачиваемость форм;
- низкая электро- и теплопроводность;
- водонепроницаемость;
- повышенная морозостойкость;
- высокая износостойкость.

Однако, несмотря на такие положительные характеристики, отдельные недостатки серного бетона могут отрицательно сказаться на широком его использовании:

- Высокая температура (140°C) для приготовления смесей.
- Высокая цена установки для выпуска изделий (10–12 млн).
- Высокая токсичность производства (выделение сероводорода).
- Низкая термостойкость (+90°C). [3]

Отличие технологий производств бетонов, связанных с применением цементов, от технологии производства серного бетона на использовании серного вяжущего, заключается в том, что при производстве серного бетона вместо цементов используется сера. Классическая технология серных бетонов и изделий из них предполагает разогрев серного компонента до температуры плавления (120-150°C) с последующим совмещением его с наполнителем и формование изделий необходимой формы. В качестве наполнителя может использоваться песок, щебень и др., в качестве серного вяжущего – сера, серосодержащие отходы и модификаторы. [4]

С целью оптимизации состава бетона, подбора наилучшей гранулометрии песка и исследования прочностных характеристик были проведены исследования, результаты которых представлены в таблице 1. Состав серного бетона варьировался соотношением сера:песок и максимальной крупностью зерен мелкого заполнителя. Испытания образцов на прочность проводились на следующий день после формования.

Таблица. – Влияние гранулометрического состава песка на прочность серного бетона

№ образца	Размер частиц песка, мм	Прочность, МПа на сжатие	Содержание песка в бетоне, %	Плотность бетона, г/см <sup>3</sup>
1	5,0	47,2	70	2,23
2	2,5	53,0	70	2,17
3	1,25	46,1	50	2,17
4	0,63	48,6	50	2,17
5	0,315	49,6	50	2,19
6	0,14 и менее	45,3	50	2,24

Как показывают результаты, приведенные в таблице, предел прочности на сжатие образцов из серного бетона может достигать 45-53 МПа уже следующий день после изготовления образцов. Серный бетон обладает уникальным свойством быстрого набора прочности, при чем он способен достигать высоких прочностных показателей даже на пылеватых песках, что для традиционных бетонов на портландцементном вяжущем невозможно.

Использование серы позволит получить высокоэффективные бетоны и изделия, которые во многих случаях не будут уступать бетонам на основе портландцементного вяжущего и найдут достаточно широкое применение не только в строительной практике, но и во многих других отраслях промышленности. Высокие прочностные свойства исследуемого материала, а также высокие химические свойства (эти выводы сделаны на основе опыта их применения в США, Канаде, Франции и Польше, а также в Японии и Южной Корее) могут рекомендовать его для изготовления тротуарных плит, бетонирования полов и площадок, подверженных воздействию кислот и солей, канализационных труб, коллекторных колец, минеральных и органических удобрений и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голубева, И.А. Проблемы производства и утилизации газовой серы в России, основные направления их решения / И.А. Голубева // Нефтегазохимия. –2017. – С. 22–27.
2. ПНСТ 105-2016. Смеси серобетонные и серобетон. Технические условия.
3. Волгушев, А.Н. Основные физико-механические свойства строительных композитов на основе термопластического серного вяжущего / А.Н. Волгушев // Бетон и железобетон. – 2007. – № 4. – С. 28–31.
4. Кузьменков, М.И. Серный бетон из отходов / М.И. Кузьменков // Строительство и архитектура. – 1991. – № 4. – С. 16–18.