

ISSN 2587-9006

*ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»*

**ХИМИЯ, ФИЗИКА И МЕХАНИКА
МАТЕРИАЛОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

- МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ
- ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ
- ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ
- ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

№ 3 (22), 2019

ISSN 2587-9006

ХИМИЯ, ФИЗИКА И МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Главный редактор – д-р хим. наук, проф. О.Б. Рудаков
Зам. главного редактора – д-р техн. наук, проф. В.Т. Перцев
Зам. главного редактора – д-р техн. наук, проф. В.А. Небольсин
Ответственный секретарь – канд. хим. наук, доц. О.Б. Кукина

Редакционная коллегия:

Д-р техн. наук, проф. Д.Е. Барабаш (г. Воронеж, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»); д-р техн. наук, проф. В.В. Белов (г. Тверь, ТвГТУ); д-р техн. наук, проф. М.С. Гаркави (г. Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова); д-р техн. наук, проф. С.С. Глазков (г. Воронеж, ВГТУ); д-р физ.-мат. наук, проф. П.А. Головинский (г. Воронеж, ВГТУ); д-р техн. наук, д-р хим. наук, проф. А.В. Калач (г. Воронеж, ВИ ФСИН); д-р техн. наук, проф. В.Я. Манохин (г. Воронеж, ВГТУ), д-р техн. наук, проф. Л.В. Моргун (г. Ростов-на-Дону, ДГТУ); д-р техн. наук, проф. Ю.В. Пухаренко (г. Санкт-Петербург, СПбГАСУ); д-р техн. наук, проф. Ш.М. Рахимбаев (г. Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова); д-р хим. наук, проф. Г.В. Славинская (г. Воронеж, ВГТУ); д-р хим. наук, д-р техн. наук, проф. И.С. Суровцев (г. Воронеж, ВГТУ); д-р техн. наук, проф. О.В. Тараканов (г. Пенза, ПГУАС), д-р техн. наук, проф. А.А.Трещев (г. Тула, ТулГУ); д-р хим. наук, проф. Е.А. Тутов (г. Воронеж, ВГТУ); д-р физ.-мат. наук, проф. М.В. Шитикова (г. Воронеж, ВГТУ); д-р физ.-мат. наук, проф. О.В. Стогней (г. Воронеж, ВГТУ); д-р техн. наук, проф. В.П. Ярцев (г. Тамбов, ТГГУ).

В издании публикуются результаты научных исследований и производственного опыта сотрудников ВГТУ и других образовательных, научных, научно-производственных организаций по проблемам химии и физики строительных и технических материалов; химической технологии и физико-химических методов диагностики, контроля качества и безопасности материалов, применяющихся в строительстве и технике; по техносферной безопасности.

Издание рекомендуется специалистам по промышленному и гражданскому строительству, материаловедцам, технологам, инженерам, научным сотрудникам, преподавателям, аспирантам и студентам архитектурно-строительных и технических учебных заведений.

Перепечатка материалов журнала допускается только с разрешения редакции

Дизайн обложки Н.И. Мироненко

АДРЕС РЕДАКЦИИ

394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 6419
тел.: (473) 2369350, (473)2717617
E-mail: chemistry@vgasu.vrn.ru, lgkkn@rambler.ru

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Белькова Н.А., Крюков Э.И., Ткачева Д.А.

Разработка составов фибробетона для устройства полов и стяжек..... 4

Домниченко Р.Г., Вострикова Г.Ю., Никулин С.С.

Получение эпоксидно-акриловых водно-дисперсионных покрытий..... 14

Боева Е.Д.

Исследование влияния жидкого стекла на физико-механические свойства пенокерамики..... 23

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Корнеева А.Н., Корнеева В.В.

Кинетические особенности возгонки оксидных слоев молибдена..... 29

ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ

Рудаков О.Б., Черноусова О.В., Вострикова Т.О., Усачев С.М.

Цветометрический контроль цементов мобильными устройствами..... 35

ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

Сибирских О.В., Гадиятов В.Г., Черепахина Р.Г.

Получение наноструктурированной водной системы, обогащенной кремнием..... 49

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Степанова М.П., Белькова Н.А., Аникеенко С.Г.

Разработка элементов системы управления качеством инновационной технологии портландито-алюмосиликатных композитов..... 58

УДК 691.328.44

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ФИБРОБЕТОНА
ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОЛОВ И СТЯЖЕК**

Н.А. Белькова, Э.И. Крюков, Д.А. Ткачева*

*Воронежский государственный технический университет,
Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84*

**Адрес для переписки: Белькова Наталья Анатольевна, E-mail: verlnata@mail.ru*

В работе разрабатываются предложения по составам фибробетона для полов. Изучена возможность замены базальтового фиброволокна на полипропиленовое. Установлено, что применение полипропиленового волокна марки Fibra №1 (изготовитель ООО «ИНКОМСТРОЙ») позволяет получить бетон для полов и стяжек с заданными нормативными документами характеристиками. Оптимальный расход фиброволокна составил 2 кг на 1 м³ смеси.

Ключевые слова: фиброволокно, бетон для устройства полов, прочность при сжатии, прочность при изгибе, истираемость, трещиностойкость

**INFLUENCE RESEARCH VIDA FIBROVOLOKON ON
PROPERTIES OF CONCRETE FOR THE DEVICE OF FLOORS**

N.A. Bel'kova, E.I. Kryukov, D.A. Tkacheva*

*Voronezh State Technical University, Russian Federation,
394006, Voronezh, ul. 20-letiya Oktyabrya, 84*

**Corresponding author: Belkova Natalya Anatolyevna, E-mail: verlnata@mail.ru*

In work offers on structures of a fibrobeton are developed for floors. The possibility of replacement of a basalt fibrovoloKn by polypropylene is studied. It is established that use of polypropylene fiber of the Fibra No. 1 brand (manufacturer LLC INKOMSTROY) allows to receive concrete for floors and couplers with the characteristics set by normative documents. The optimum expense of a fibrovoloKn made 2 kg on 1 m³ of mix.

Keywords: fibrovoloKn, concrete for the device of floors, durability at compression, durability at a bend, an istirayemost, crack resistance

Введение. Несмотря на большое количество современных строительных материалов для устройства полов и стяжек бетоны и растворы на основе цемента широко используются для этих целей. Основные характеристики таких обусловлены видом и интенсивностью воздействий на них. Так, в зависимости от интенсивности механических воздействий на пол (согласно СП 29.13330.2011 [1]) класс бетона по прочности на сжатие должен быть не ниже В15 (для слабой интенсивности воздействий) до В40 (для значительной). При этом класс бетона по прочности на растяжение при изгибе соответственно от $B_{тб} 2,0$ до $B_{тб} 4,0$. Показатель истираемости полов из цементных бетонов – не более $0,4 \text{ г/см}^2$ (полы малопылящие). Помимо этого, к бетонам для полов и стяжек предъявляются особые требования по показателям деформативности (трещиностойкости и усадки), а также по износостойкости и долговечности. Как показывает практика классические составы цементного бетона не в полной мере отвечают этим требованиям.

Современные исследования [2-4] показывают возможность решения поставленной задачи путем введения в бетон сочетания компонентов, обладающих различной прочностью и деформативными свойствами органического и неорганического происхождения. В частности, имеются ввиду компоненты в виде дисперсно-распределенных в объеме бетона армирующих волокон диаметром от 10^{-5} до 10^{-8} м. Композиционный материал состоящий из цементной (плотной или поризованной, с заполнителем или без него)

матрицы равномерным или заданным распределением по ее объему ориентированных или хаотично расположенных дискретных волокон (фибр) различного происхождения называют фибробетоном.

Исследования, проводимые на протяжении последних трех десятилетий, убедительно показывают, что дисперсное армирование улучшает механические характеристики бетонов: повышает трещиностойкость, ударостойкость, прочность при растяжении и изгибе; способствует стойкости бетона к воздействию агрессивной среды; позволяет сократить рабочие сечения конструкций и в ряде случаев отказаться от использования стержневой арматуры или уменьшить ее расход. Таким образом, применение фибробетонов создает условия для снижения материалоемкости и трудоемкости строительной продукции, расширения ее номенклатуры, повышения архитектурно-художественной выразительности вновь строящихся или реконструируемых объектов [5, 6].

В связи с вышесказанным достаточно актуальным является использование фибробетона для обустройства стяжек и полов задний как промышленного, так и гражданского назначения.

В настоящее время для производства фибробетона используются как металлические (чаще всего стальные), так и неметаллические (минеральные и синтетические) волокна. Наиболее широкое распространение среди минеральных фибр получили базальтные волокна. Разработано большое количество составов фибробетона с базальтными волокнами [7-9]. Однако, как показывают исследования [10], длительное воздействие щелочной среды, характерной для цементного камня, способствует растворению базальтной фибры и, как следствие, возможному снижению характеристик бетона. Альтернативой базальтной фибры являются полимерные (полиамидные, полипропиленовый, полиэфирные и т.п.) волокна [11]. Настоящие исследования посвящены разработке составов фибробетона для полов и стяжек с различными армирующими волокнами.

Экспериментальная часть

В работе использовали следующие сырьевые материалы: портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н, ГОСТ 31108-2003, щебень гранитный фракции 5-20 мм ОАО «Павловск неруд», песок с модулем крупности 1,9-2,2 Тамбовского песчаного карьера (ООО ДСО «Калачеевская»). В качестве армирующего добавки использовалось фиброволокно марки Fibra №1 (изготовитель ООО «ИНКОМСТРОЙ») с характеристиками, приведенными в таблице.

Характеристики фиброволокна

№ п/п	Наименование фиброволокна	Плотность, г/см ³	Длина фиброволокна, мм	Предел прочности на разрыв, МПа	Относительное удлинение при растяжении на разрыв, %
1	Фибра пропиленовая	0,913	12	564	23,5
2	Фибра базальтовая	2,83	12	2930	1,85

Состав бетона принят в соответствии с нормативными документами для класса по прочности на сжатие В 25. На первом этапе определялся оптимальный расход фиброволокна, критериями оптимальности являлись прочность бетона при сжатии и изгибе. Расход фиброволокна варьировался от 1 до 5 кг на 1 м³ смеси с шагом 1 кг. Образцы для испытания изготавливались согласно требованиям ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». На втором этапе для бетона оптимального состава определялись показатели истираемости и трещиностойкости.

Испытания образцов на прочность на сжатии и на растяжение при изгибе проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Испытания образцов на истираемость проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 13087-81 «Бетоны. Методы определения истираемости». Трещиностойкость бетона определялась по показателю критического коэффициента интенсивности напряжений при нормальном отрыве (вязкость разрушения)

ячеистого бетона путем испытания специальных образцов-призм с надрезом, выполняющим роль инициатора развития магистральной трещины в образце при нагружении его по схеме трехточечного сосредоточенного изгиба.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований осуществлялся подбор оптимального расхода армирующего фиброволокна. Результаты исследований приведены на рис. 1 и 2.

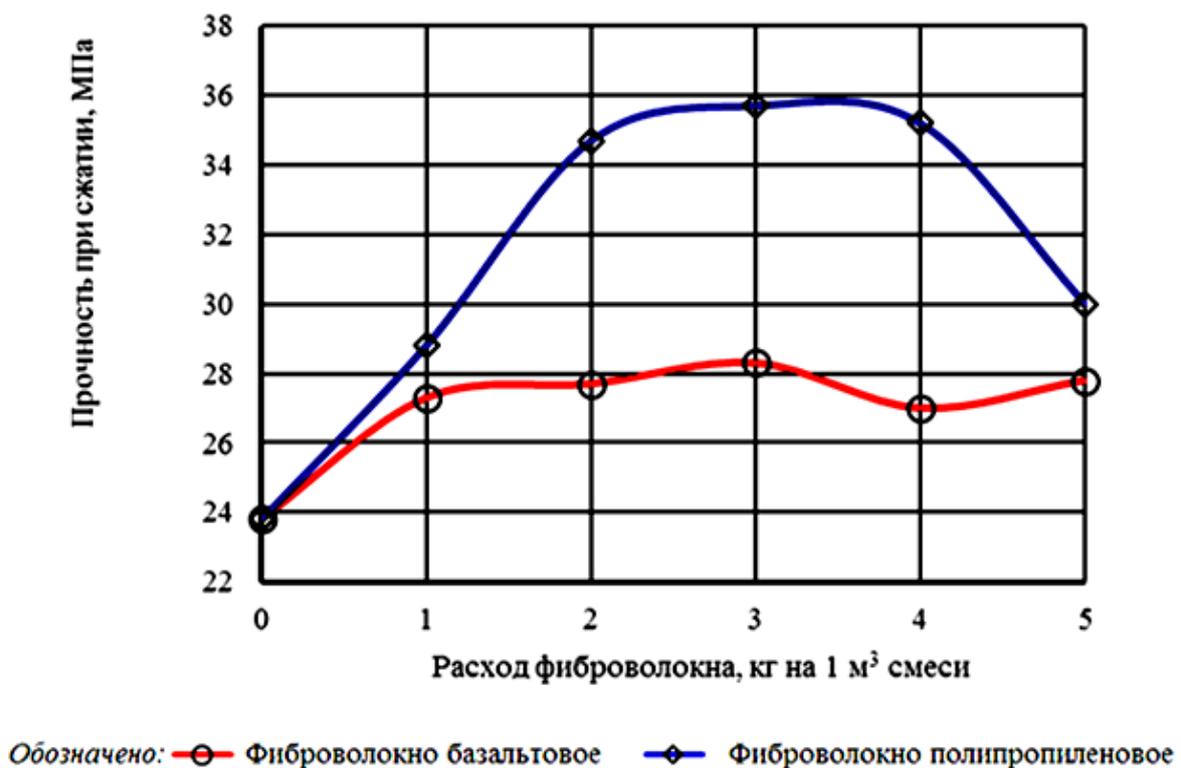


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии от вида и расхода фиброволокна.

Из полученных данных видно, что введение фиброволокна любого типа повышает прочностные показатели бетона. При этом прочность при сжатии увеличивается всего на 20-40 %, а прочность при изгибе в 2-2,5 раза, что объясняется армирующим действием волокон, которые создают армирующую сетку.



Рис. 2. Зависимость прочности при изгибе от вида и расхода фиброволокна

Что касается влияния типа фиброволокон на основные характеристики бетона, то бетон с полипропиленовыми волокнами показывает большие значения прочности при сжатии при одинаковом расходе фибры. Так при расходе волокна 3 кг на 1 м³ смеси прочность бетона с полипропиленовой фиброй на 25% выше, чем с базальтовой. То есть полипропиленовая фибра лучше армирует, «сшивает» структуру бетона и препятствует продвижению и росту трещин в теле материала. Показатели прочности при изгибе для фиброволокна различного типа отличаются незначительно и находятся в пределах ошибки опыта. В целом можно определить, что оптимальный расход фиброволокна любого типа, как с точки зрения свойств бетона, так и по изменению стоимости бетона, составляет 2 кг на 1 м³ смеси.

На рис. 3 и 4 приведены результаты определения показателей истираемости и критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} для бетонов с оптимальным расходом фиброволокна.

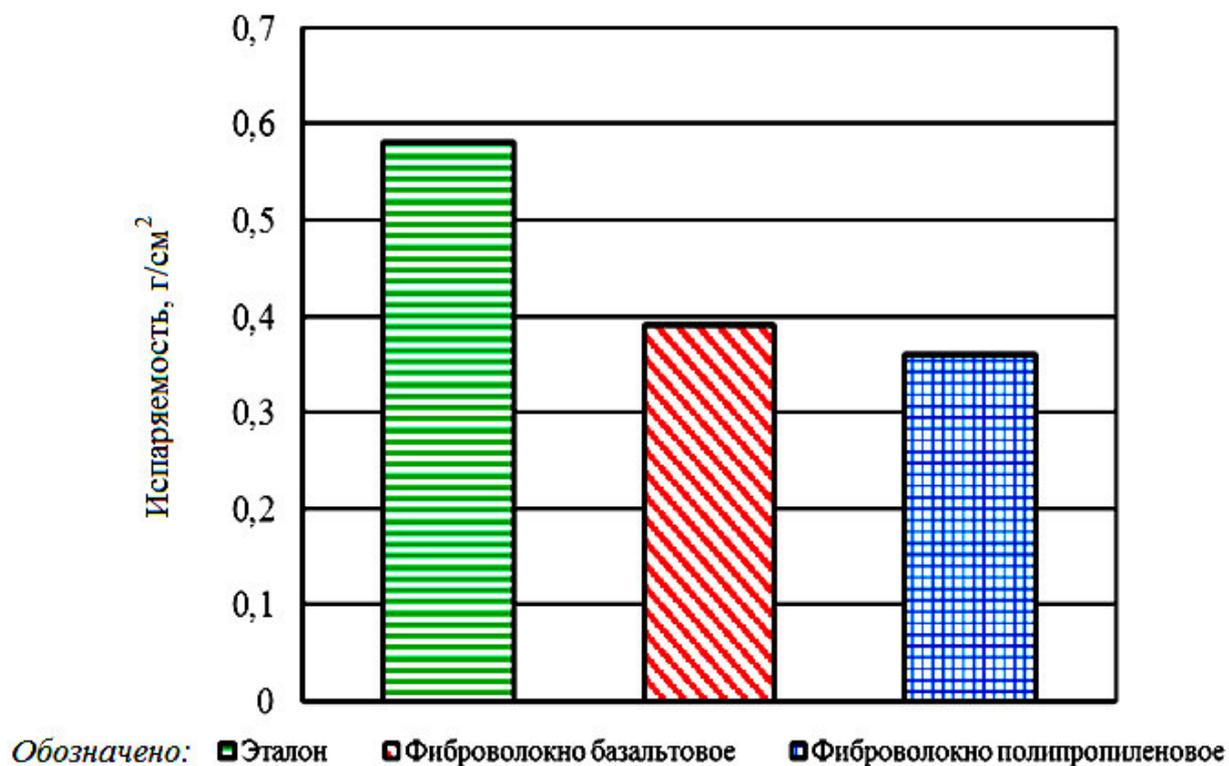


Рис. 3. Зависимость истираемости бетона от вида фиброволокна

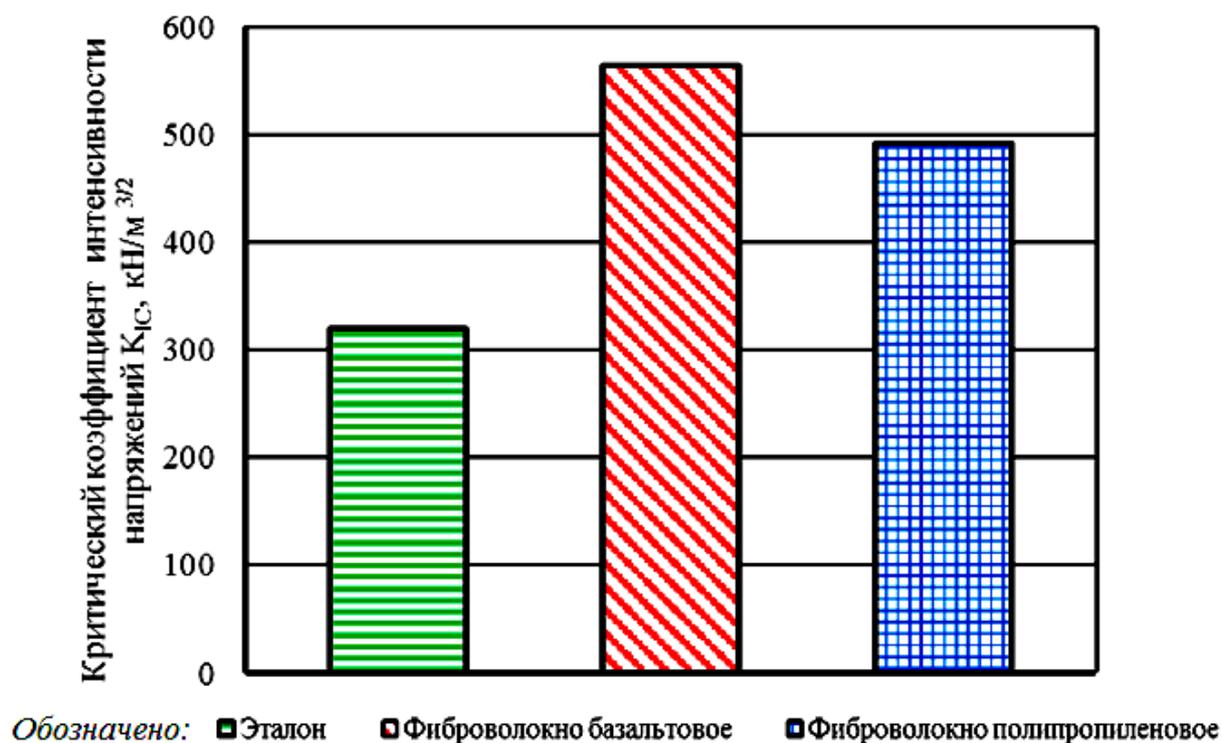


Рис. 4. Зависимость критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} от вида фиброволокна

По полученным данным видно, что введение фиброволокна любого типа значительно улучшает характеристики бетона. В частности, истираемость бетона безфибры составляет около $0,6 \text{ г/см}^2$, что не соответствует требованиям СП 29.13330.2011 к полам малопылящим – не более $0,4 \text{ г/см}^2$. Введение фибры снижает этот показатель в 1,5 раза до нормативных значений. Что касается показателя критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} , то для фибробетона он почти в 2 раза выше относительно эталона. Повышение этого показателя позволяет прогнозировать снижение величины усадочных деформаций, и соответственно, износостойкости и долговечности покрытий.

Заключение. Таким образом, подтверждена возможность замены базальтового волокна полипропиленовым. Оптимальным расходом армирующего волокна в независимости от его вида является 2 кг на 1 м^3 бетонной смеси. В целом выбор типа и расхода фиброволокна должен определяться исходя их конкретных требований к полам (в зависимости от объекта строительства).

Список литературы

1. СП 29.13330.2011 Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88 (с Изменением N 1).
2. Коротких Д.Н. Принципы формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов / Вестник гражданских инженеров. 2009. №3 (20). С. 126-128.
3. Баженов Ю.М., Демьянова В.С. Модифицированные высококачественные бетоны: науч. изд. М.: АСВ, 2006. 368 с.
4. Пухаренко Ю.В. Принципы формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов / Строительные материалы. 2004. №10. С. 47-51.

5. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсноармированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: моногр. М.: АСВ, 2004. 560 с.

6. Баженов Ю.М., Демьянова В.С. Модифицированные высококачественные бетоны: науч. изд. М.: АСВ, 2006. 368 с.

7. Маилян Л.Р., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Щербань Е.М. Выбор видов волокон для дисперсного армирования изделий из центрифугированного бетона // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9. №4 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/71TVN417.pdf> (доступ свободный).

8. Белов В.В., Абрамов Д.Г. Определение нормативных и расчетных характеристик фибробетона на местных отходах базальтовой ваты / Химия, физика и механика материалов. 2018. № 4 (19). С. 28-43.

9. Velde K., Kiekens P., Van Langenhove L. Basalt fibers as reinforcement for composites // Van de Department of Textiles, Ghent University, Technologiepark 907. B-9052 Zwijnaarde.

10. Бабаев. В.Б., Строкова В.В., Нелюбова В.В., Савгир Н.Л. К вопросу о щелочестойкости базальтовой фибры в цементной системе / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 63- 66.

11. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсноармированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна // Бетон и железобетон. 2011. № 3. С. 7-9.

References

1. Joint venture 29.13330.2011 Paula. The revised edition Construction Norms and Regulations 2.03.13-88 (with Change N 1).

2. Short D. N. Principles of formation of structure and forecasting of durability fibrobeton / Messenger of civil engineers. 2009. No. 3 (20). P. 126-128.

3. Bazhenov Yu.M., Demyanova V.S. The modified high-quality concrete: науч. prod. М.: DIA, 2006. 368 p.

4. Yu.V. Pukharenko. Principles of formation of structure and forecasting of durability of fibrobeton / Construction materials. 2004. No. 10. P. 47-51.

5. Rabinovich F.N. Composites on a basis the dispersnoarmirovannykh of concrete. Questions of the theory and design, technology, designs: моногр. М.: DIA, 2004. 560 p.

6. Bazhenov Yu.M., Demyanova V.S. The modified high-quality concrete: науч. prod. М.: DIA, 2006. 368 p.

7. Mailyan L.R., Stelmakh S.A., Holodnyak M.G., Shcherban E.M. The choice of types of fibers for disperse reinforcing of products from centrifugirovanny SCIENCE OF SCIENCE concrete//Online magazine Volume 9. No. 4 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/71TVN417.pdf> (free access).

8. Belov V.V., Abramov D.G. Definition of standard and estimated characteristics of a fibrobeton on local waste of basalt cotton wool / Chemistry, physics and mechanics of materials. 2018. No. 4 (19). P. 28-43.

9. Velde K., Kiekens P., Van Langenhove L. Basalt fibers as reinforcement for composites // Van de Department of Textiles, Ghent University, Technologiepark 907. B-9052 Zwijnaarde.

10. Babayev. Century B., Stroková V. V., Nelyubova V.V., Savgir N.L. To a question of alkali resistance of a basalt fiber in a cement system / the Bulletin of the Belgorod state technological university of V.G. Shukhov. 2013. No. 2. P. 63-66.

11. Klyuev S.V., Lesovik R.V. Dispersnoarmirovanny fine-grained concrete with use of polypropylene fiber//Concrete and reinforced concrete. 2011. No. 3. P. 7-9.

Белькова Наталья Анатольевна – канд.техн.наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Воронежского государственного технического университета

Крюков Эдуард Иванович– генеральный директор ООО «ИНКОМСТРОЙ», г. Воронеж

Ткачева Дана Алексеевна – магистр гр. М052 Воронежского государственного технического университета

ПОЛУЧЕНИЕ ЭПОКСИДНО-АКРИЛОВЫХ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Р.Г. Домниченко¹, Г.Ю. Вострикова^{2}, С.С. Никулин³*

¹*Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко,
Луганская Народная Республика, 91011, г. Луганск, ул. Оборонная, 2*

²*Воронежский государственный технический университет,
Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84*

³*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и
Ю.А. Гагарина»,*

Российская Федерация, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»

**Адрес для переписки: Вострикова Галина Юрьевна, E-mail: vostr76-08@live.ru*

Данная работа посвящена созданию новых водно-дисперсионных лакокрасочных материалов на основе смешанных эпоксидно-акриловых пленкообразователей, покрытия из которых будут обладать повышенными твердостью, износостойкостью, эластичностью и адгезией. Задача исследований заключалась в определении условий стабильности смешанных материалов данного типа и установлении связи между составом пленкообразующей основы и эксплуатационными свойствами покрытий. В результате проведенной работы получена водно-дисперсионная краска на основе стирол-акриловых и эпоксидиановых полимеров. Исследованы эксплуатационные свойства этих покрытий. По износостойкости материалы близки к аналогам на основе водных дисперсий полиуретанов, что позволяет рекомендовать полученные композиции как более экономную замену таким материалам. В общем, себестоимость изготовления эпоксидно-акриловой композиции, включая стоимость компонентов, увеличивает стоимость системы в сравнении с чисто акриловыми композициями лишь до 30 %. С технологической точки зрения, полученные композиции принципиально не отличаются от существующих систем. Для нанесения могут использоваться обычные методы: ручные, пневматические, безвоздушные. Таким образом,

обоснована целесообразность использования материалов на основе акриловых дисперсий путем совершенствования их за счет смешивания с дисперсиями на основе эпоксидных смол для улучшения эксплуатационных свойств покрытий. Полученные эпоксидно-акриловые покрытия обладают повышенной твердостью, износостойкостью, влагоустойчивостью, и являются базой для создания широкого спектра защитных лакокрасочных покрытий.

Ключевые слова: дисперсные наполнители, эпоксидная смола, стирол, полимер, лакокрасочные материалы, органические растворители

PREPARATION OF EPOXY-ACRYLIC WATER-DISPERSION COATINGS

R.G. Domnichenko¹, G.Yu. Vostrikova^{2*}, S.S. Nikulin³

*¹Luhansk Taras Shevchenko National University,
Luhansk People's Republic, 91011, Lugansk, Oboronnaya st., 2*

*²Voronezh State Technical University, Russian Federation,
394006, Voronezh, 20-letiya Oktyabrya st., 84*

*³Of the air force vunts Air Force Academy named after E. Zhukovsky and
Y. A. Gagarin,*

Russian Federation, 394064, Voronezh, Starykh Bolshevikov st., 54 A

**Corresponding author: G.Yu.Vostrikova, E-mail: vostr76-08@live.ru*

This work is devoted to the creation of new water-dispersion paints and varnishes based on mixed epoxy-acrylic film-forming agents, coatings of which will have increased hardness, wear resistance, elasticity and adhesion. The objective of the research was to determine the stability conditions for mixed materials of this type and to establish a connection between the composition of the film-forming base and the performance properties of the coatings. As a result of this work, a water-dispersion paint based on styrene-acrylic and epoxy-diane polymers was obtained. The operational properties of these coatings are investigated. In terms of wear resistance, materials are close to analogues based on aqueous dispersions of polyurethanes, which makes it possible to recommend the obtained compositions as a more economical replacement

for such materials. In general, the cost of manufacturing an epoxy-acrylic composition, including the cost of components, increases the cost of the system compared to pure acrylic compositions only up to 30%. From a technological point of view, the resulting compositions are not fundamentally different from existing systems. For the application can be used conventional methods: manual, pneumatic, airless. Thus, the expediency of using materials based on acrylic dispersions by improving them by mixing with dispersions based on epoxy resins to improve the performance properties of coatings is substantiated. The resulting epoxy-acrylic coatings have a high hardness, wear resistance, moisture resistance, and are the basis for creating a wide range of protective coatings.

Keywords: dispersed fillers, epoxy resin, styrene, polymer, paints and varnishes, organic solvents

Введение. В настоящее время Российская промышленность лакокрасочных материалов продолжает мировую тенденцию по переходу от систем покрытий на основе органических растворителей к системам на основе водных дисперсий. Это обусловлено улучшением потребительских свойств: покрытие на водной основе при применении в качестве отделочных, характеризуются лучшими эксплуатационными и декоративными свойствами.

Эти изменения постепенно отражаются на рынках РФ и ближнего зарубежья – увеличивается доля импорта качественных и безопасных водно-дисперсионных материалов из стран ЕС. Производство аналогичных материалов на отечественных предприятиях сдерживается, при этом, в основном, отсутствием соответствующих технологий. Последнее обуславливает актуальность разработки материалов на основе водных дисперсий полимеров.

Наибольшее распространение в качестве архитектурных покрытий получили дисперсии на основе полимеров акриловой и метакриловой кислоты и их эфиров, модифицированные добавлением стирола и бутилакрилатов. Преимуществом этих материалов – возможность точного регулирования параметров покрытий – атмосферо-, влагостойкость, эластичность в зависимости от химического состава пленкообразователя и экономичность. К недостаткам можно отнести сравнительно низкую паропроницаемость, стойкость

к механическому истиранию, твердость [1]. Последние два фактора ограничивают использование этих систем в условиях постоянного механического контакта (для окраски полов, подоконников т. д.).

Водные дисперсии полиуретановых полимеров применяются в лакокрасочных материалах, требованием к которым является повышенная эластичность и устойчивость к механическому истиранию [4]. При этом использование таких материалов существенно повышает стоимость покрытия. К недостаткам материалов данного типа относится также и длительное время вступления проектных механических свойств – от 7 до 28 суток. Это обусловлено механизмом отверждения покрытий: первичная пленка формируется за счет удаления воды, а окончательная – за счет сшивания активных групп кластеров с образованием пространственной полимерной сетки [2].

Дисперсии на основе силиконовых полимеров используются только в специальных случаях: для архитектурных покрытий с высокой паропроницаемостью на стеновых материалах, с высоким показателем капиллярного поднятия влаги из грунта или необходимости срочного нанесения отделочного материала на стеновой, сразу после цементирования (для сравнения, материалы на акриловой и полиакрилатной основе могут быть нанесены только через 28 суток после цементирования вследствие низкой устойчивости к действию щелочи). Основным недостатком дисперсий данного типа является их высокая цена, что делает рецептуры на их основе дороже в 3-4 раза по сравнению с акрилатными [3].

Экспериментальная часть

Отметим, пленкообразователи на основе водных дисперсий акриловых смол являются экономически привлекательными, а совершенствование эксплуатационных параметров этих материалов возможно при условии усовершенствования их состава.

В работе предложено для улучшения эксплуатационных свойств ис-

пользовать смешанные материалы на основе стирол-акриловых и эпоксидных водных дисперсий. Задача исследований заключалась в определении условий стабильности смешанных материалов данного типа и установление связи между составом пленкообразующей основы и эксплуатационными свойствами покрытий.

Результаты и их обсуждение

Поставленная задача решается тем, что в состав композиции, которая содержит эпоксидиановую эмульсию, стирол-акриловую эмульсию, загуститель и очищенную воду, вводят смачиватель на основе неионогенных поверхностно-активных веществ, инертный наполнитель и повышенное количество эпоксидианового пленкообразователя при следующем соотношении компонентов, мас. %, таблица.

Состав композиции

эпоксидиановая эмульсия	20,0-50,0
стирол-акриловая эмульсия	15,0-40,0
ПАВ анионного типа (стабилизатор)	0,8-2,0
ПАВ неионогенного типа (смачиватель)	0,5-3,0
загуститель	0,3-1,5
инертный наполнитель	2,0-30,0
очищенная вода	15,0-50,0

Выбор композиции обусловлен необходимостью сравнения стабильности и потребительских свойств модельной композиции с уже существующими импортными аналогами [4].

В качестве эпоксидиановой эмульсии используют продукт типа ВД-ЭП-612 ХС (ТУ 6-27-18-256-98) или его аналоги.

В качестве стирол-акриловой эмульсии используют дисперсии стирол-

акриловых полимеров с различным молекулярным соотношением, размером частиц и вязкостью, например продукты серии Usar марок 450 или 161 (произв. Dow Chemical).

Как ПАВ анионного типа (стабилизатор) используют стабилизаторы, эмульгаторы и диспергаторы анионного типа, например, натриевые и аммониевые соли полиакриловой кислоты (марка Axillat 32 S произв. Hexion Speciality Chemicals BV) и его аналоги.

Как ПАВ неионогенного типа (смачиватель) используют такие поверхностно-активные вещества, значение гидрофильно-липофильного баланса которых находится ниже 12: этоксиэтилированные спирты, фенолы и др., например, продукты марок Синтанол ДС-10 (ТУ У 24.1-32257523-108-2004), Синтанол АЛМ (ТУ 2483-003-71150986-2006) и их аналоги.

В качестве загустителя используют ассоциативные полимеры типа модифицированной целлюлозы, полисахаридов, алюмосиликатные материалы, модифицированные полиуретаны, которые способны загущать очищенную воду до значения эффективной вязкости не менее 0,5 Пас, например, продукт Cellosize QP 40000 (произв. Dow Chemical).

Как инертный наполнитель используют любые минеральные наполнители класса нерастворимых в воде солей и оксидов металлов, например, карбонатов кальция (продукт Omyacarb произв. Omya Group, продукт Normcal произв. Som Calcite и др.), алюмосиликатов (продукты сертификации МТ произв. АО «Байкальские Минералы» на основе талька, каолины марок КС произв. ЗАО «Глуховецкий каолиновый завод» (ГОСТ 21286-82) и др.), диоксид титана марки Kronos произв. Du Pont и др.

В качестве очищенной воды используют воду, подготовленную любым из известных методов очистки: дистилляцией, деионизацией, обработкой ионообменными смолами и др. до степени минерализации менее 5 мг/дм³.

К основным потребительским свойствам этих материалов относятся адгезия к поверхностям различной природы, эластичность, твердость, устойчивость к абразивному истиранию и температура размягчения. Эти показате-

тели обусловлены как химическим составом, так и микроструктурой композиции, которую можно характеризовать, используя значения пористости и влагопоглощения отвердевших пленок [5].

Заключение. Изготовленный лакокрасочный материал характеризуется повышенной стабильностью, повышенной способностью к смачиванию различных субстратов: угол смачивания композиции стали составляет 15 град, загрунтованной поверхности кирпича – 20 град, бетона – 12 град., пластика на основе поливинилхлорида – 30 град. Материал характеризуется повышенной адгезией ко всем упомянутым субстратам: значение адгезии при испытании по ГОСТ 15140-75 составляет 1 балл. Твердость покрытия толщиной 120 мкм по ГОСТ 5233-89 (маятник типа А) составляет 0,25 единиц, что в два раза превышает твердость прототипа. Эластичность покрытия составляет 2 мм по ГОСТ 6806. Физико-химические и эксплуатационные характеристики покрытий определяли стандартными методами [6-11].

Таким образом, полученные пленкообразующие основы являются базой для создания широкого спектра защитных лакокрасочных покрытий. В перспективе планируется разработать серию материалов на основе эпоксидно-акриловых дисперсий, механические и физические свойства которых будут регулироваться за счет введения функциональных наполнителей. Эти материалы смогут использоваться в качестве защитных покрытий для минеральных, металлических и органических (пластик, дерево) подложек.

Список литературы

1. Казакова Е.Е., Скороходова О.Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. М.:Пейнт-Медиа, 2003. 136 с.
2. Т. Brock European Coatings Handbook Т. Brock, М. Grotklaes, Р. Mischke Vincentz Network GmbH & Co KG, 2000. P. 410.

3. B. Muller, U. Poth Coating Formulation: An International Textbook. Vincentz network GmbH & Co KG, 2006. 290 p.
4. Waterborne epoxy systems: technology overview and new developments. M. Rufo, D. Shah, W. Raymond et al. Air Products, 2002. 11 p.
5. A.D. Wilson, J. Nicholson, H. Prosser Waterborne coatings. Springer, 1991. 320 p.
6. ГОСТ 15140-78 Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.
7. ГОСТ 6806-73 Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности плёнки при изгибе.
8. ГОСТ 24621-91 Пластмассы и эбонит. Определение твердости при вдавливании с помощью дюрометра.
9. ГОСТ 20811-75 Материалы лакокрасочные. Метод испытания покрытий на истирание. Метод А.
10. ГОСТ 15088-83 Пластмассы. Метод определения температуры размягчения термопластов по Вика.
11. М.И. Карякина Лабораторный практикум по техническому анализу и контролю производств лакокрасочных материалов и покрытий. М.: Химия, 1989. 208 с.

Reference

1. Kazakova, E.E., Skorokhodova, ON Water-dispersion acrylic paints for construction purposes. М.: Paint Media, 2003. 136 p.
2. T. Brock European Coatings Handbook T. Brock, M. Grotklaes, P. Mischke Vincentz Network GmbH & Co KG, 2000. P. 410.
3. B. Muller, U. Poth Coating Formulation: An International Textbook. - Vincentz network GmbH & Co KG, 2006. 290 p.
4. Waterborne epoxy systems: technology overview and new developments. M. Rufo, D. Shah, W. Raymond et al. Air Products, 2002. 11 p.
5. A.D. Wilson, J. Nicholson, H. Prosser Waterborne coatings. Springer,

1991. 320 p.

6. GOST 15140-78 Paint materials. Methods for the determination of adhesion.

7. GOST 6806-73 Paint materials. Method for determining the elasticity of the film during bending.

8. GOST 24621-91 Plastics and ebonite. Determination of indented hardness using a durometer.

9. GOST 20811-75 Paint materials. Method of testing coatings for abrasion. Method A.

10. GOST 15088-83 Plastics. Method for determining the softening temperature of thermoplastics by Vic.

11. M.I. Karjakina Laboratory workshop on technical analysis and control of production of paints and coatings. M.: Chemistry, 1989. 208 p.

Домниченко Раиса Григорьевна – ст. преподаватель кафедры товароведения и торгового предпринимательства Луганского национального университета имени Тараса Шевченко

Вострикова Галина Юрьевна – канд. хим. наук, доцент кафедры химии и химической технологии материалов Воронежского государственного технического университета

Никулин Сергей Саввович – д-р техн. наук, профессор ВУНЦ ВВС «Военно-воздушной академии им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

УДК 691.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИДКОГО СТЕКЛА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОКЕРАМИКИ

Е.Д. Боева

*Воронежский государственный технический университет,
Российская Федерация, 394006, г.Воронеж, ул.20 лет Октября, 84*

**Адрес для переписки: boevakaterina1995@yandex.ru*

Пенокерамика, являясь недорогим экологичным энергосберегающим и строительным материалом нового поколения, приобрела популярность на рынке благодаря тому, что является одним из лучших теплоизоляционных материалов по целому ряду показателей. Пенокерамика отлично эксплуатируется при повышенной влажности, не подвержена старению, деформации и при этом является экологически чистым материалом, никак не воздействуя на окружающую среду. Благодаря своим противопожарным свойствам пенокерамика широко применяется как для возведения внешних стен, так и в качестве материала для внутренних перегородок. Статья посвящена проектированию составов пористых керамических материалов методом введения пенообразующей добавки с различным содержанием стабилизатора – натриевого жидкого стекла. Разработан состав пенокерамики со средней плотностью 520 кг/м^3 и пределом прочности при сжатии 1,47 МПа.

Ключевые слова: поризованный керамический камень, стабилизатор, жидкое стекло, шликерная подготовка, физико-механические показатели

STUDY OF THE EFFECT OF LIQUID GLASS ON THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC FOAM

E.D. Bueva

*Voronezh state technical University, Russian Federation,
394006, Voronezh, ul. 20 years of October, 84*

Corresponding author: boevakaterina1995@yandex.ru

Foam ceramics being an inexpensive eco-friendly energy-saving and construction material of a new generation has gained popularity in the market, due to the fact that it is one of the best thermal insulation materials for a number of indicators. Foam ceramics is perfectly operated at high humidity, is not subject to aging, deformation and at the same time is an environmentally friendly material, without affecting the environment. Due to its fire-fighting properties foam ceramics is widely used for the construction of external walls and as a material for internal partitions. The article is devoted to the design of compositions of porous ceramic materials with introduction foaming agent with different content of the stabilizer – sodium liquid glass. The composition of foam ceramics with an average density of 520 kg/m³ and a compressive strength of 1.47 MPa was developed.

Keywords: porous ceramic stone, physical and mechanical properties

Введение. Задачи по решению вопросов энергоэффективности и энергосбережения являются приоритетными научными направлениями, в строительной области эти вопросы связаны с развитием производства и сокращением потерь тепловой энергии за счет применения эффективных строительных материалов и изделий.

Сегодня самыми распространенными теплоизоляционно-конструкционными стеновыми материалами являются: газосиликатные и пенобетонные блоки, а также поризованные керамические камни [1].

Технология производства пенокерамических изделий является перспективной, так как может применяться при температурах $\leq + 600$ °C [2, 3].

Задачей исследования является разработка состава пенокерамики обладающей требуемыми физико-механическими показателями, оценка влияния стабилизатора – жидкого стекла на формирование этих свойств, выявление рационального его содержания.

Методика исследования

Для выполнения исследований использовалось каолин содержащее глинистое сырье Стрелецкого месторождения, стеклобой тарный, натриевое жидкое стекло (40 % концентрации), вода и пенообразующая добавка «Пеностром» [4].

Исследование свойств сырья производилось по стандартным методикам [5]. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Определение гранулометрического состава каолин содержащей глины Стрелецкого месторождения

Наименование сырья	Содержание фракций, % по массе		
	Песчаных частиц 1 ... 0,05 мм	Пылевидных частиц 0,05 ... 0,005 мм	Глинистых частиц 0,005мм
Глина стрелецкого месторождения	10,215	73,135	16,65

Таблица 2

Химический состав каолин содержащей глины Стрелецкого месторождения

Содержание оксидов, масс. %								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	S	K ₂ O	П.П.П
46,14	21,56	1,28	4,9	1,87	1,15	2,68	0,48	9,3 -12

При осуществлении программы экспериментальных исследований расчет состава пенокерамики производился по аналогии с стандартным расчетом пенобетона [6]. При этом изготавливались 3 серии образцов методом шликерной подготовки размером 7×7×7 см для получения образцов заданной средней плотности 600 и 800 кг/м³. Для обеспечения статистической достоверности результатов испытаний каждая серия состояла из 6 образцов, с разным содержанием стабилизатора 2,5 %, 5 % и 7,5 %.

Составы пористой керамики заданных плотностей представлены в таблице 3.

Таблица 3

Составы пористой керамики

№ серии	Заданная средняя плотность, кг/м ³	Содержание стабилизатора (жидкого стекла), %	Состав на 1 м ³				
			Каолини-товая глина, кг	вода, мл	стабилизатор (жидкое стекло), кг	Стеклобой молотый, кг	«Пеностром», мл
1	600	2,5	0,688	665	0,0172	0,0764	21
2		5	0,688	659	0,034	0,0764	33
3		7,5	0,688	651	0,051	0,0764	25
1	800	2,5	0,916	804	0,0229	0,1018	44
2		5	0,916	878	0,0458	0,1018	34
3		7,5	0,916	868	0,0687	0,1018	38

Сырьевые материалы высушились при температуре 110 °С и измельчались до прохождения через сито 0,63. Затем готовились шихтовые составы. Компоненты смешивались сухими. Подготовленная шихта увлажнялась до состояния шликера влажностью. Из шликера методом литья формования образцы 7×7×7 см. Затем образцы высушивались при температуре 20 °С в течение 48 часов, а затем при температуре 60 °С в сушильном шкафу до влажности 1-2 %. Высушенные образцы обжигались с выдержкой при максимальной температуре 1000 °С 2 часа.

Полученные образцы подвергались физико-механическим испытаниям по стандартным методикам. [4]

Результаты определения физических показателей экспериментальных образцов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты физико-механических испытаний полученных образцов пенокерамики

Заданная средняя плотность, кг/м ³	Содержание жидкого стекла, %	№ серии	Полученная средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Пористость полная, %	Открытая пористость	Закрытая пористость	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Усадка полная, У _{полн} %	Предел прочности при сжатии, R _{сж} МПа
800	2,5	1	1447	21,9	42	31,69	10,31	0,645	16,9	3,2
	5	2	1466	21	41	30,8	10,2	0,655	20,8	2,1
	7,5	3	1181	31	53	26,25	26,75	0,504	23	6
600	2,5	4	518	59	69	46,3	22,7	0,298	19,8	1,47
	5	5	754	65	60	65	5	0,408	20,1 3	2,08
	7,5	6	850	48	62	45,84	16,16	0,385	21,9	2,69

В результате проведенных испытаний пенокерамика со средней плотностью 518 кг/м^3 получена при содержании натриевого жидкого стекла 2,5%. Состав смеси: глины 688 гр., воды 665 гр., жидкого стекла 17,2 гр., стеклобой 76,4 гр, пенообразующая добавка «Пеностром» 21 мл.

Выводы. В результате исследования установлено, что при содержании натриевого жидкого стекла 2,5%, получена средняя плотность 518 кг/м^3 и предел прочности при сжатии 1,47 Мпа. Полученный результат является наилучшим из всех.

Полученный результат по нормативным значениям относится к теплоизоляционному материалу, в связи с этим планируется проведение дополнительной серии испытаний для получения физико-механических свойств близких к нормативным значениям конструкционно-теплоизоляционной пенокерамики.

Список литературы

1. Высокопористый теплоизоляционный материал на основе жидкого стекла/ Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З., журнал «Физика и химия стекла», том 43, №2. Санкт-Петербург, 2017. 222с.
2. Macroporous ceramics processing and properties / T. Ohji, M. Fukushima - Institute of Materials, Minerals and Mining and ASM InternationalPublished by Maney for the Institute and ASM International. 2012.
3. Processing methods for the preparation of porous ceramics / Rizwan Ahmad, In-Hyuck Song, Jang-Hoon Ha, 2017.
4. Турченко А.Е., Шаталова В.В. Термодинамическая оценка сорбционной способности глинистых дисперсий и формирования микроструктуры керамических масс при введении полимерных добавок. Воронеж, научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия: Физико-химические проблемы строительного материаловедения. 2008. №1. С. 36-46.

5. Турченко А.Е. Технология строительной керамики: лаб. практикум: учеб. пособие / А.Е. Турченко, Т.И. Шелковникова, А.М. Усачев, Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018. 88 с.

6. Суслов А.А. Технология теплоизоляционных строительных материалов и изделий: лаб. практикум / А.А. Суслов, В.В. Власов, А.М. Усачев, А.Е. Турченко, А.С. Деревщикова . Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. Воронеж, 2009. 64 с.

References

1. Highly porous thermal insulation material based on liquid glass/ abdrakhimova E. S., Abdrakhimov V. Z., journal «Physics and chemistry of glass», volume 43, №2. St. Petersburg, 2017. 222с.

2. Macroporous ceramics processing and properties / T. Ohji, M. Fukushima Institute of Materials, Minerals and Mining and ASM International Published by Maney for the Institute and ASM International, 2012.

3. Processing methods for the preparation of porous ceramics / Rizwan Ahmad, In-Hyuck Song, Jang-Hoon Ha, 2017.

4. Thermodynamic assessment of sorption capacity of clay dispersions and formation of microstructure of ceramic masses with the introduction of polymer additives / Turchenko A.E., Shatalova V.V.. Voronezh, scientific Bulletin of Voronezh GASU. Series: Physical and chemical problems of building materials science. 2008. No. 1. P. 36-46.

5. Technology of building ceramics: lab. workshop: studies. aid / А.Е. Турченко, Т.И., Shelkovnikov, А.М. Usachev, Voronezh: FGBOU VO «Voronezh state technical University», 2018. 88 p.

6. Technology of heat-insulating building materials and products: lab. workshop / А.А. Suslov, V.V. Vlasov, А.М. Usachev, А.Е. Turchenko, А.С. Derevschikova. Voronezh. state arch.-builds. Univ. of Illinois Voronezh, 2009. 64p.

УДК539.216.239

**КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗГОНКИ
ОКСИДНЫХ СЛОЕВ МОЛИБДЕНА**

А.Н. Корнеева, В.В. Корнеева*

*Воронежский государственный технический университет,
Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84*

**Адрес для переписки: Корнеева Алла Николаевна, E-mail: alma241@mail.ru*

В данной работе излагаются результаты дальнейшего исследования особенности кинетики возгонки оксидных слоёв молибдена методом интерференционной индикации, полученных термическим оксидированием молибдена в атмосферах различных газов. Поставлена задача проверки результатов возгонки оксидных слоёв молибдена, полученных ранее, в атмосферах паров воды, диоксида углерода, оксида углерода.

Ключевые слова: интерференционная окрашенность, триоксид молибдена, молибден, сублимация, возгонка, энергия активации

**KINETIC QUALITIES OF MOLIBDENUM OXIDE LAYERS
SUBLIMATIONS**

A.N. Korneeva, V.V. Korneeva*

*Voronezh State Technical University,
Russian Federation, 394006, Voronezh state, 20-letiya Oktyabryastr., 84*

**Corresponding author: KorneevaAlla, E-mail: alma241@mail.ru*

This work presents the results of further research on the kinetic features of molybdenum oxide layers sublimation via interferential indication, which were created by thermal molybdenum oxidization in different gas ambiances. A following task is being created to check the results of the sublimation of molybdenum oxide layers obtained earlier in water vapor ambiance, carbondioxide, carbonoxide.

Keywords:interferential colorization, trioxide, molybdenum, sublimation, activation energy

Как указывалось в работе [1], методом интерференционных индикаторов исследовались образцы молибдена $10 \times 20 \times 1$ мм с содержанием основного металла 99,5%, окисленные до эталонного цвета – голубого, синего, фиолетового, коричневого, жёлтого. Эксперимент проводился в обогреваемой прозрачной кварцевой трубке, что давало возможность наблюдать за изменением цвета оксидных плёнок на металле. Но, как и в [1], следует отметить, что в современных условиях точный контроль параметров цветности оксидных слоёв возможен с применением цифровых технологий [6]. Полученные результаты по времени изменения эталонной окрашенности в интервалах эталонных цветов: голубой – синий, синий – фиолетовый, фиолетовый – жёлтый обрабатывались в координатах $\ln - \frac{1}{T}$, позволившие рассчитать кажущиеся энергии активации процесса сублимации [2].

Возгонка оксидных пленок на молибдене в парах воды

Изменение интерференционной окрашенности образцов в парах воды начинается выше 573 К, но идёт медленно и неравномерно. Чёткая смена цветов наблюдается при 673-873 К. Возгонка в этих условиях протекает более глубоко. Энергии активации возгонки, соответствующие переходу от голубого до синего, от синего до фиолетового и от фиолетового до тёмно-жёлтого цвета оксидных плёнок, оказываются равными 48,1; 73,9 и 128,7 кДж/моль.

**Возгонка оксидных пленок на молибдене
в атмосфере диоксида углерода**

Возгонка оксидной плёнки от голубого цвета до синего определяется энергией активации, равной 54,3 кДж/моль. Энергия активации сокращения толщины плёнки от синего цвета до фиолетового зависит от температуры и оказалось равной 175,6 и 84,0 кДж/моль для температурных интервалов 798-848 и 848-973 К соответственно.

Возгонка оксидных пленок на молибдене в атмосфере оксида углерода

Изменение интерференционной окрашенности оксидных плёнок на молибдене в атмосфере оксида углерода наблюдается при 673 К, но идёт при этой температуре очень медленно: переход от голубого цвета до синего осуществляется в течение 3 часов. Повышение температуры сопровождается значительным увеличением скорости процесса. При температуре от 773 до 823 К выдержка окисленных образцов в атмосфере оксида углерода приводит к изменению окрашенности плёнок от голубого цвета до синего и то синего до фиолетового. Энергия активации сокращения толщины плёнок равна соответственно 57,3 и 179,7 кДж/моль.

Более длительная выдержка образцов в атмосфере оксида углерода при температуре 823 К и выше привела к появлению на поверхности окисленного слоя металлической фазы за счёт процессов восстановления сублимированного триоксида молибдена в газовой фазе и последующей конденсации восстановленного металла.

При анализе полученных результатов по возгонке оксидных плёнок на молибдене следует учесть, что независимо от состава газовой среды имеет место большое различие в него и от синего до фиолетового. Это различие, вероятно, можно объяснить тем, что верхние слои оксидных плёнок на металле состоят только из высшего летучего триоксида молибдена, в то время как слои, расположенные ближе к металлическому слою, обеднены кислородом.

Небольшие значения энергии активации процесса сублимации 50,3-54,3 кДж/моль при сокращении толщины оксидной плёнки, соответствующим переходу от голубого до синего цвета, можно объяснить тем, что в этих условиях процесс лимитируется стадией десорбции триоксида молибдена с поверхности окисленного металла, т. е. переходом из «самоадсорбированного» слоя в газовую фазу. При переходе к более глубоким слоям оксидной плёнки процесс возгонки вероятно, связан, с диффузионными явлениями в оксиде (переносом кислорода из объёма к поверхности), чем и объясняется значительно большая энергия активации: 170 кДж/моль, практически совпадающей со значениями энергии «разрыхления» кристаллической решётки триоксида молибдена (167,2 кДж/моль) и сданными, приведенными в работе [3], согласно которым энергия активации испарения MoO_3 равна 167,3-192,3 кДж/моль.

Ранними работами [4] установлено, что скорость сублимации MoO_3 возрастает в присутствии водяных паров вследствие образования более летучих гидратированных молекул.

Результаты, полученные методом интерференционной индикации, находятся в полном соответствии с литературными данными: скорость возгонки триоксида молибдена в парах воды оказалась большей, чем в аргоне, а энергии активации процесса – меньшими. Возгонка в парах воды идёт более глубоко, вероятно, за счёт доокисления низших оксидов молибдена.

Практически такие же значения энергии активации получились для процесса возгонки MoO_3 в атмосфере диоксида углерода. Однако интерференционный переход от синего до фиолетового сопровождается изменением температурной зависимости энергии активации при 848 К, что может быть следствием изменения механизма процесса. Можно предположить, что возгонка оксидов молибдена в интервале 848-973 К будет облегчаться в результате углекислого газа с оксидной плёнкой.

Данное исследование подтверждает, что всем высокотемпературным процессам, происходящим на окисленной поверхности молибдена, сопутству-

ет сублимация его высшего оксида, что и используется для получения чистого молибдена из промышленных отходов, загрязнённых оксидами урана[5].

Список литературы

1. Корнеева А.Н. Кинетические особенности возгонки оксидных слоёв молибдена / А.Н. Корнеева, В.В. Корнеева, В.А. Небольсин // Химия, физика и механика материалов. 2018. № 2 (17). С. 94-99.

2. Корнеева А.Н., Забровская В.Ф. Исследование кинетики сублимации продуктов термического окисления молибдена // VIII Всесоюзное совещание по кинетике и механизму химических реакций в твёрдом теле: Тез. докл. Черногловка, 1982. С. 162-164.

3. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. Металлургия редких металлов. М.: Металлургия. 1973. 440 с.

4. Кофстад П. Высокотемпературное окисление металлов. М.: Мир. 1969, 393 с.

5. Технологические аспекты переработки металлических отходов молибдена / Г.Г. Андреев [и др.] // Известия ТПУ. 2002. Т.305. №3. С.239-245.

6. Рудаков О.Б. Цифровой цветометрический контроль минеральных добавок в цемент / О.Б. Рудаков, Е.А. Хорохордина, С.М. Усачёв, А.М. Хорохордин // Химия, физика и механика материалов. 2017, №2. С.3-13.

Reference

1. Korneeva A.N. Kinetic features of molybdenum oxide layers sublimation A.N.Korneeva, V.V.Korneeva, V.A. Nebolsin // Chemistry, physics and material mechanics. 2018. №2 (17). P. 94-99.

2. Korneeva A.N., Zabrovskaya V.F. Research on kinetic sublimation of products of molybdenum' thermal oxidization // VIII All-union session on kinetics and solid body' chemistry reactions mechanisms: Thes. rep. Chernogolovka, 1982.P. 162-164.

3.Zelikman A.N., Meerson G.A. Rare metals metallurgy. M.: Metallurgy. 1973. 440 p.

4.Kofstad P. High-temperature metal oxidization. M.:Mir.1969, 393 p.

5.Technological aspects of molybdenum' metallic refuse processing / G.G. Andreev [and others] // Izvestia TPU. 2002. т.305. №3. P.239-245

6.Rudakov O.B. Digital colorimetric control of mineral additives to cement O.B.Rudakov, E.A.Horohordina,S.M.Usachev, A.M.Horohordin // Chemistry, physics and mechanics of materials. 2017, №2. P.3-13.

Корнеева Алла Николаевна – канд. техн. наук, доцент кафедры химии и химической технологии материалов Воронежского государственного технического университета

Корнеева Валерия Владиславовна – канд. техн. наук, доцент кафедры химии и химической технологии материалов Воронежского государственного технического университета

УДК 543.4:691

**ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЦЕМЕНТОВ
МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ**

О.Б. Рудаков, О.В. Черноусова, Т.О. Вострикова, С.М. Усачев*

*Воронежский государственный технический университет,
Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84*

**Адрес для переписки: Рудаков Олег Борисович, E-mail: robi57@mail.ru*

Получены цветометрические характеристики в цветовой модели *RGB* портландцемента (марка ЦЕМ I 42,5Н), мела, извести,золы уноса, а также бинарных и тройных смесей портландцемента с минеральными добавками. Диапазон содержания минеральных добавок в смесях составлял 5-30%. Для анализа параметров цветности применили смартфоны различных фирм-изготовителей, пластиковые микропланшеты и различные пакеты программ для обработки электронных изображений на мобильных устройствах. Показано, что цветометрический контроль с применением смартфонов пригоден для оперативного обнаружения в цементе добавок, отличающихся от него по параметрам цветности. Цветометрическая методика контроля цветности цементной продукции с применением смартфонов отличается простотой регистрации видеосигнала, низкой стоимостью и экспрессностью анализа.

Ключевые слова: цифровая цветометрия, цветовая модель *RGB*, цемент, минеральные добавки

COLORIMETRIC CONTROL OF CEMENTS BY MOBILE DEVICES

О.В. Rudakov, O.V. Chernousova, T.O. Vostrikova, S.M. Usachev*

Voronezh State Technical University,
Russian Federation, 394006, Voronezh, ul. 20-letiya Octyabrya, 84

*Correspondence address: Rudakov Oleg Borisovich, E-mail: robi57@mail.ru

Colorimetric characteristics were obtained in the RGB color model of portland cement (CEM I 42.5N), chalk, lime, fly ash, as well as binary and ternary mixtures of portland cement with mineral additives. The range of the content of mineral additives in the mixtures was 5–30%. To analyze the color parameters, smartphones of various manufacturers, plastic microplates, and various software packages for electronic image processing on mobile devices were used. It is shown that colorimetric control using smartphones is suitable for the rapid detection in cement of additives that differ from it in terms of color parameters. The colorimetric method of controlling the color of cement products with the use of smartphones is characterized by the simplicity of video signal recording, low cost, and express analysis.

Keywords: digital colorimetry, RGB color model, cement, mineral additives

Введение. В работах [1-3] для оценки цветности цемента с различными добавками использовали цифровую цветометрию (ЦЦМ). В качестве регистрирующего устройства применяли цифровые устройства: фотоаппарат, планшетный сканер и смартфоны. Полученные электронные изображения – файлы в формате JPG обрабатывали с помощью программы *Adobe Photoshop CS* в случае применения фотоаппарата или сканера и *Pixel Picker 1.3.0.23* – в случае применения смартфона. В контроле параметров цветности порошкообразных материалов применяли цветовую систему *RGB*. Как показано в обзорах [4-5], для задач ЦЦМ стали активно использовать смартфоны, которые оснащены цифровыми камерами, имеющими параметры, близкие к цифровым фотоаппаратам. Смартфоны по существу совмещают в себе передающее устройство, фотоаппарат и миникомпьютер с достаточным объемом памяти или возможностью хранить и перерабатывать информацию, используя облачные технологии. Для смартфонов специально разработана широкая линейка программного обеспечения по обработке электронных изображений [5].

Согласно информации из СМИ в строительной индустрии остро стоит проблема массовой фальсификации и контрафактной реализации цемента и сухих строительных смесей [1], в связи с этим задача оперативного контроля качества цемента является чрезвычайно актуальной. Одним из способов контроля является цветометрический контроль с применением мобильных цветорегистрирующих устройств – смартфонов. Конечно, такой способ пригоден только для выявления грубой подделки цемента. Но он оперативен и может быть реализован непосредственно на месте хранения, продажи или использования («в полевых условиях»). Не смотря на то, что смартфоны уже были испытаны для цветометрического контроля цемента и его смесей с минеральными добавками [3], остается далеко не до конца решенной проблемой точность и воспроизводимость цветометрических измерений с их помощью. Целесообразно выяснить, какие марки смартфонов и какое программное обеспечение наиболее подходят для ЦЦМ, каковы пределы обнаружения добавок, не проводился цветометрический анализ цементных смесей, содержащих более одной минеральной добавки. Таким образом, целью данной работы явилось дальнейшее изучение возможностей смартфонов в контроле цветометрических параметров цемента и его смесей, начатое в работе [3].

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования использовали портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н, ГОСТ 31108-2003 (производитель Воронежский филиал АО «Евроцемент групп»), в котором отсутствуют минеральные добавки, мел марки МТД-2, ТУ 5743-020-05346453-2008 (завод изготовитель ОАО «Шебекинский меловой завод»), известь пушонку (строительную), ГОСТ 9179-77 (ООО «Придонхимстрой» Россия, Воронежская область, г. Россошь), золу уноса Воронежской ТЭЦ-1 (ГОСТ 25818-91 «Золы уноса тепловых электростанций для бетонов»), шлак Воронежской ТЭЦ-1 (ГОСТ 25592 – 91 «Смеси

золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия»).

Содержание добавок в цементе изменяли с шагом 5% от 0 до 30%, определяли также цветовые характеристики 100 %-й добавки. Для определения параметров цветности тройных смесей «цемент-мел-зола» и «цемент-мел-шлак» использовали соотношения, приведенные в табл.1, общее содержание добавок в них варьировали в диапазоне от 10 до 30%. Предварительно смеси тщательно гомогенизировали в фарфоровой ступке, затем помещали в 72 лунки микропланшета UniCell.

Таблица 1

Содержание добавок в тройных смесях.

Наименование добавки	Процентное содержание компонентов смеси						
	Цемент 70%+30% добавок						
Мел	0	5	10	15	20	25	30
Зола уноса	30	25	20	15	10	5	0
Известь	0	5	10	15	20	25	30
Зола уноса	30	25	20	15	10	5	0
	Цемент 80%+20% добавок						
Мел	0	5	10	15	20		
Зола уноса	20	15	10	5	0		
Известь	0	5	10	15	20		
Зола уноса	20	15	10	5	0		
	Цемент 90%+10% добавок						
Мел	0	5	10	15	20		
Зола уноса	10	5	0				
Известь	0	5	10	15	20		
Зола уноса	10	5	0				

Для определения цветности порошков регистрировали электронное изображение на мобильном телефоне марки Huawei P Smart. Условия съемки: лампы дневного света в качестве источника освещения, ISO 80, S 1/50 s, постоянная автофокусировка, автоматический режим баланса белого, микропланшеты UniCell помещали под штатив на расстоянии 17 см от фотокамеры смартфона (рис. 1) в помещении с искусственным освещением (140±5 люкс). Использована программа для обработки электронных изображений *RGB. Android (версия 1.0.47)*. Режим съемки: обычный, без вспышки. Курсором выделяли 5 точек изображения материала в лунке, проводили расчет сред-

них значений яркости компонент цветности в системе *RGB*. Для приготовления градуировочных смесей (масса одной пробы 5 г) использовали технические весы с точностью до $\pm 0,001$ г.

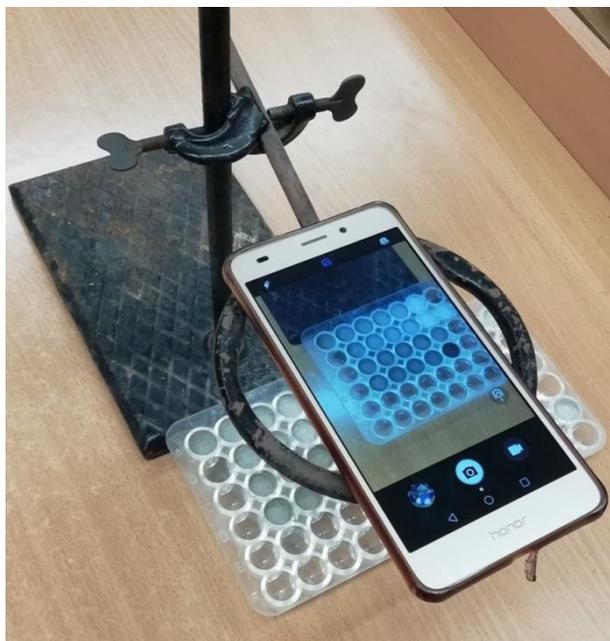


Рис.1. Установка для получения изображений смесей в микропланшете с помощью смартфона

Результаты и их обсуждение

Наряду с ПО *RGB. Android (версия 1.0.47)* для смартфонов доступны ПО *Color Grab (версия 3.6.1)*, *Color Picker (версия 4.8)*, *Pixel Picker*, *Pipette (версия 1.9.2)*. Программа *Color Picker* дает результаты для одного пикселя, поэтому для получения усредненного значения для участка изображения нужно провести несколько измерений. Достоинством программы является простой интерфейс. Программа *Color Grab* позволяет получить значения цветности сразу в трех шкалах *RGB*, *Lab* и *HSV*, а также сохранять результаты нескольких последних измерений. Недостатком последней является сложный интерфейс и отсутствие русифицированного расширения.

Программа *Pipette* схожа с *Color Picker* и позволяет узнать значения цветности для одного пикселя, а следовательно требует большого числа из-

мерений. К достоинствам можно отнести отсутствие лишних шагов при проведении оценки цветности, т.к. результат виден сразу внизу окошка программы. Программа *RGB. Android (версия 1.0.47)* удобна для применения, она позволяет получать результаты сразу в нескольких шкалах: RGB, HSL и HSV и CMYK. При обработке изображение можно увеличивать, а также устанавливать баланс белого. В данной публикации приведены результаты оценки цветности именно в этой программе с использованием одноименной шкалы *RGB*.

В табл. 2 приведены усредненные данные для электронных изображений образцов цемента, мела, извести, шлака и золы уноса. На рис. 2-5 приведены результаты измерений изменения интенсивности компонент цветности F_R , F_G и F_B в зависимости от содержания добавки в смеси от 0 до 30%.

Как видно из графиков (рис.2-5) для количественной оценки состава смесей цемента с мелом для линейной градуировки $F_i = a+bC$ пригодны интенсивности всех трех компонент цветности – F_R , F_G и F_B . (см. уравнения в табл. 2, для которых степень аппроксимации $R^2 \geq 0.99$). Для смесей цемента с известью угол наклона прямых и степень аппроксимации $R^2 \geq 0.92$ достаточны для количественных оценок содержания цемента в смеси. Уверенно определять добавки шлака по параметрам цветности в цементе нельзя из-за слишком незначительной разности в показателях цветности цемента и добавок. Для золы уноса наблюдается самый широкий диапазон линейности от 0 до 100%, пригодный для построения градуировочных зависимостей с хорошей степенью аппроксимации $R^2 \geq 0.98$.

Таблица 2

Усредненная интенсивность F_{cp} компонент цветности образцов в цветовой системе RGB, ПО *RGB. Android (версия 1.0.47)*

Наименование образца	R	G	B
Цемент	128±2	131±5	123±6
Мел	212±2	221±2	218±3
Известь	213±2	223±1	224±2
Шлак	123±2	132±2	122±4
Зола уноса	56±5	61±5	56±5

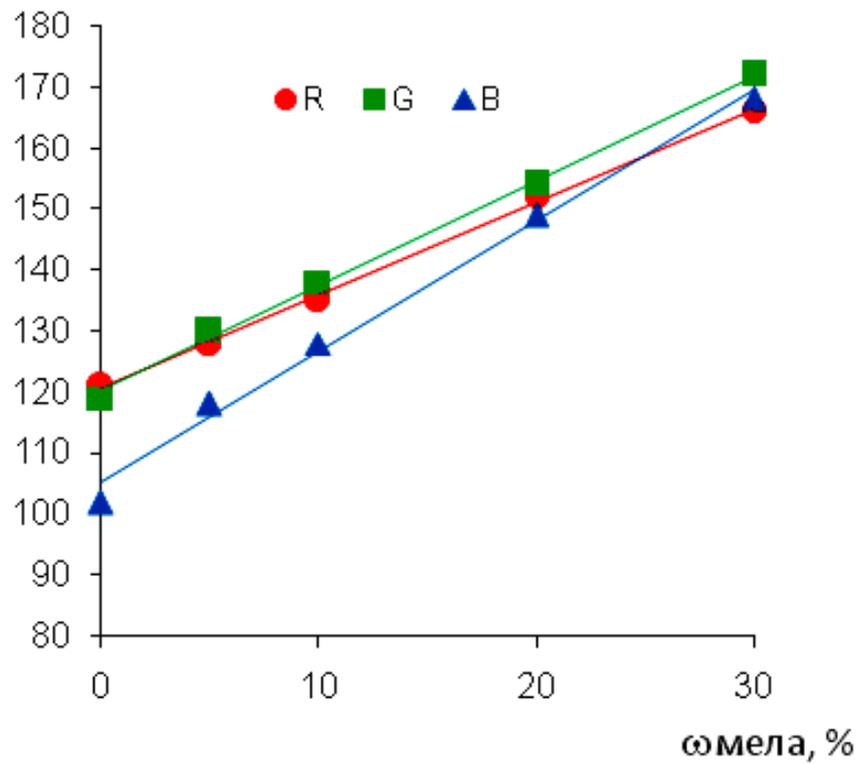


Рис. 2. Зависимость интенсивности компонент цветности в цветовой модели *RGB* от содержания мела (%) в смеси «портландцемент – мел»

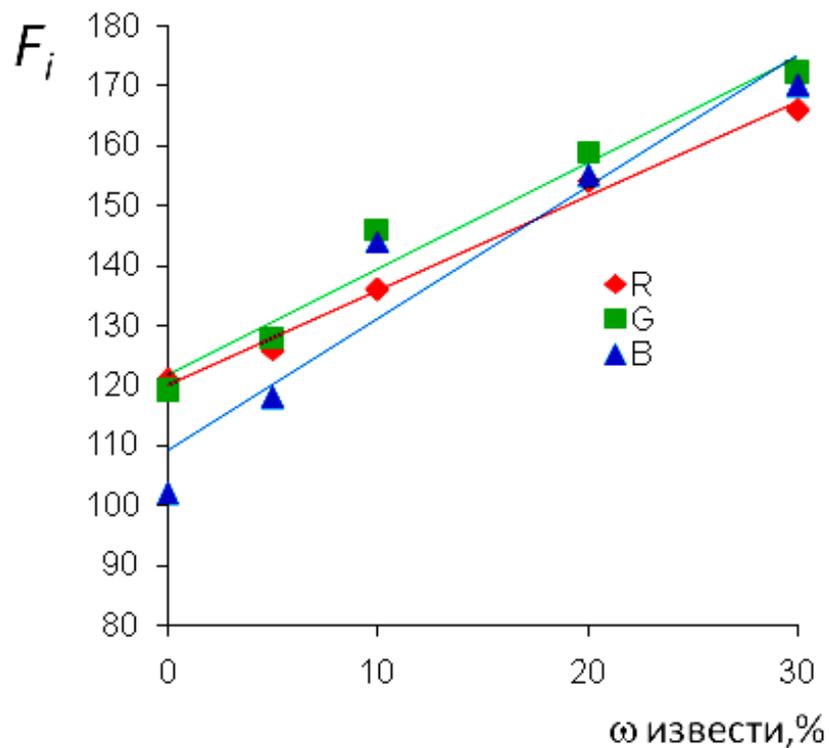


Рис. 3. Зависимость интенсивности компонент цветности (модель *RGB*) от содержания извести (%) в смеси «портландцемент – известь»

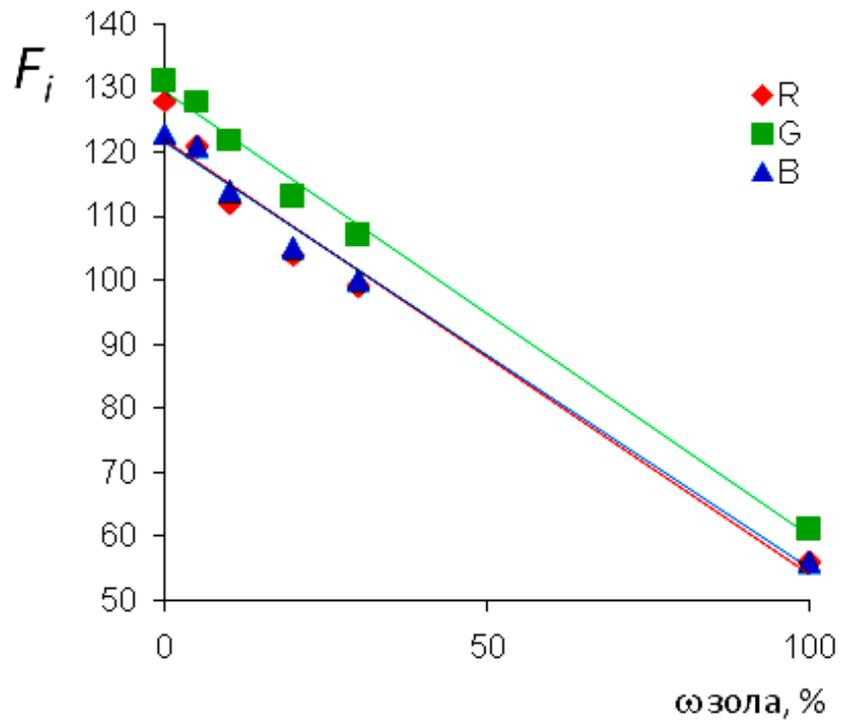


Рис. 4. Зависимость интенсивности компонент цветности (модель *RGB*) от содержания золы уноса (%) в смеси «портландцемент – зола уноса»

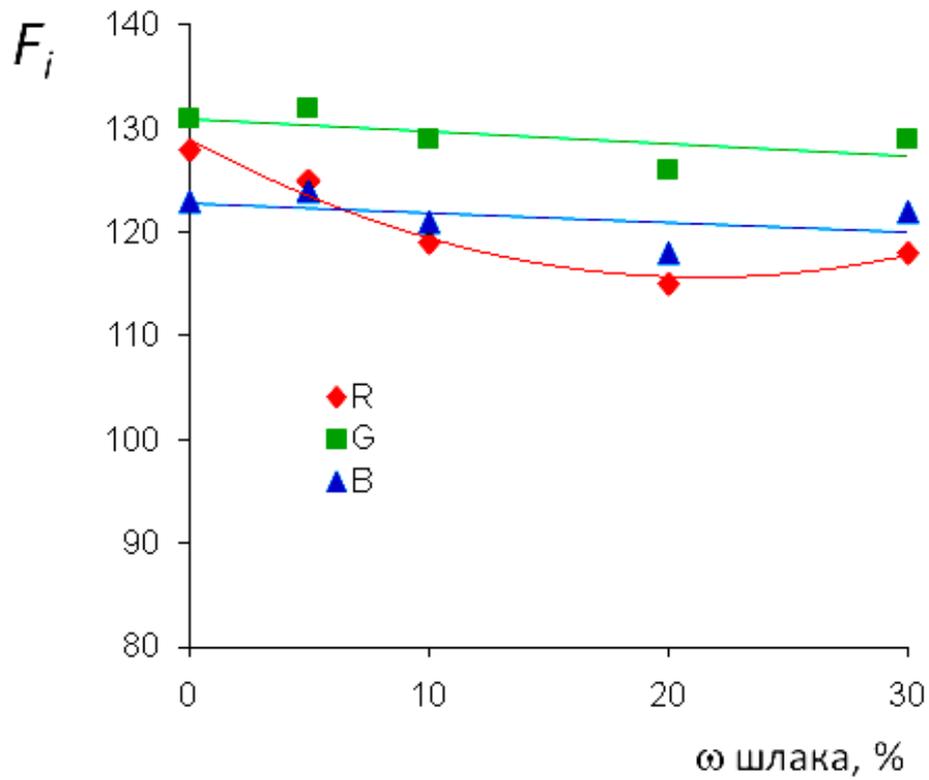


Рис. 5. Зависимость интенсивности компонент цветности в цветовой модели *RGB* от содержания шлака (%) в смеси «портландцемент – шлак»

Таблица 3

Градуировочные уравнения для определения содержания цемента (%) в смеси с добавками

Добавка	Градуировочное уравнение $F_i=a+bC$	Степень аппроксимации, R^2
Мел (0-30%)	$F_R=1,52 \times C + 120,6$ (1)	0.99
	$F_G=1,73 \times C + 120,2$ (2)	0.99
	$F_B=2,15 \times C + 105,1$ (3)	0.99
Известь (0-30%)	$F_R=1,57 \times C + 120,2$ (4)	0.99
	$F_G=2,19 \times C + 109,3$ (5)	0.92
	$F_B=1,77 \times C + 121,8$ (6)	0.96
Зола (0-100%)	$F_R=121,4 - 0,66 \times C$ (7)	0.99
	$F_G=129,4 - 0,69 \times C$ (8)	0.99
	$F_B=122,0 - 0,68 \times C$ (9)	0.98

Таблица 4

Интенсивность компонент цветности тройных смесей «цемент – зола – известь» в цветовой модели RGB

ω золы, %	ω мела, %	R	G	B
Сумма добавок 30%				
30	0	99	107	100
25	5	129	138	137
20	10	130	140	139
15	15	145	155	154
10	20	153	163	162
5	25	159	168	167
0	30	166	172	170
Сумма добавок 20 %				
20	0	104	113	105
15	5	130	140	137
10	10	145	155	144
5	15	144	154	153
0	20	154	159	155
Сумма добавок 10%				
10	0	112	122	114
5	5	124	135	132
0	10	136	146	144

Таблица 5

Интенсивность компонент цветности тройных смесей «цемент – зола – мел»
в цветовой модели *RGB*

ω золы, %	ω мела, %	R	G	B
Сумма добавок 30%				
30	0	99	107	100
25	5	147	151	145
20	10	156	162	160
15	15	173	180	178
10	20	176	184	182
5	25	171	178	177
0	30	166	172	168
Сумма добавок 20%				
20	0	104	113	105
15	5	136	140	134
10	10	163	170	168
5	15	176	180	178
0	20	152	154	149
Сумма добавок 10%				
10	0	112	122	114
5	5	139	145	138
0	10	135	138	128

В цемент могут добавлять не одну, а две и более минеральных добавок. Для того чтобы выяснить, что можно наблюдать при вариации светлой и темной добавок был спланирован эксперимент, в котором варьировались соотношения мела и золы уноса, извести и золы уноса при общей сумме добавок в 30, 20 и 10%. Как видно из данных табл. 4-5 и рис. 6 зависимости интенсивности компонент цветности при увеличении доли мела или извести при параллельном уменьшении доли золы уноса носят сложный S-образный или выпуклый вид. На рис. 6 представлены псевдодвухмерные зависимости параметров цветности от массовой доли более светлого компонента (% извести или мела), если их отобразить относительно содержания золы, они будут иметь симметричный зеркальный вид. Если от шкалы F_i провести коридоры значений $F_{i(R)}=126\div 130$, $F_{i(G)}=126\div 136$, $F_{i(B)}=117\div 129$, характерных для чистого цемента, можно обнаружить, что в области примерно 5-10% бинарных добавок «зола-мел» и «зола-известь», смесь цемента с этими добавками по параметрам цветности соответствует цвету цемента без добавок. Однако увеличение их доли в цементе приведет к обнаружению этих добавок по

цвету образца, но только качественно. Указать, какие смеси добавлены в цемент будет нельзя. Можно отметить, что труднее всего замаскировать темными добавками наличие в цементе мела.

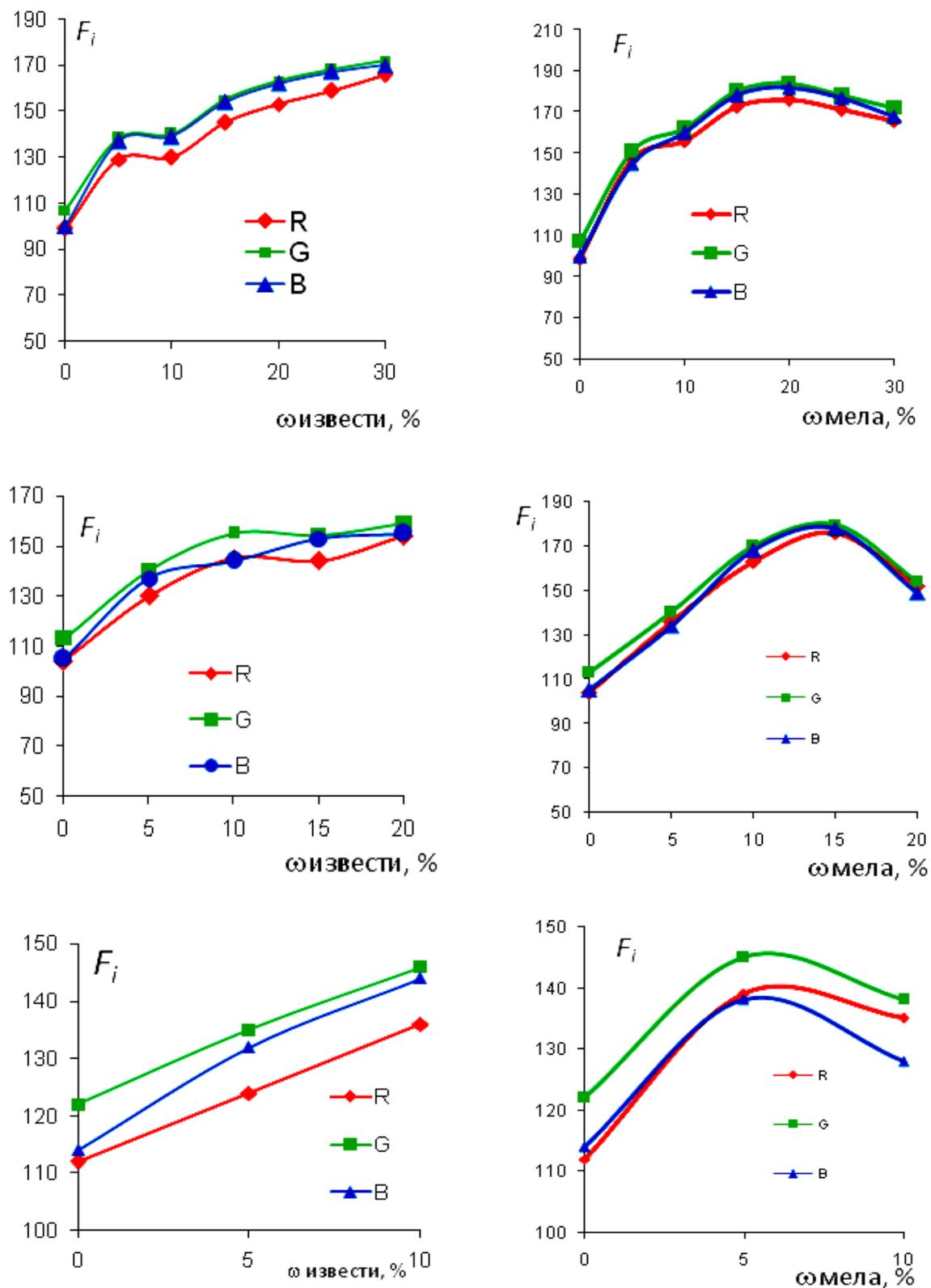


Рис. 6. Интенсивность компонент цветности тройных смесей

Обращает на себя внимание, что условия съемки на планшетном сканере [1], с помощью смартфона в боксе со вспышкой [3] и при искусственном освещении без вспышки заметно отличаются. Это приводит к систематическим отклонениям результатов измерений [3], что необходимо учитывать при сравнении результатов. Наибольший разброс значений интенсивности компонент цветности, полученных разными способами, наблюдался в области с максимальной яркостью ($F_i > 150$). Отражательная способность поверхности зависит от ее шероховатости, возможно, что этот фактор сильнее проявляется для светлых поверхностей. Возможно, целесообразным является применение при градуировке не абсолютных значений интенсивности компонент цветности, а относительных величин, полученных путем деления на величины интенсивности компонент цветности образца сравнения (стандартного образца).

Заключение. Таким образом, для проверки аутентичности марки портландцемента по цветовым характеристикам и для контроля содержания в нем минеральных добавок, заметно отличающихся от него по параметрам цветности (мел, известь) может быть использована цифровая цветометрия, реализованная с помощью смартфонов и программного обеспечения по обработке электронных изображений в цветовой системе RGB. Если в двойных смесях «цемент-добавка» последнюю можно определить количественно, то в случае тройных смесей их наличие можно выявить только качественно с оценкой «много-мало», для некоторых цементов с определенной комбинацией добавок параметры цветности практически не отличаются от цемента, не содержащего эти добавки.

Список литературы

1. Рудаков О.Б. Цифровой цветометрический контроль минеральных добавок в цемент / О.Б. Рудаков, Е.А. Хорохордина, С.М. Усачев, А.М. Хо-

рохордин // Химия, физика и механика материалов. 2017. №2. С.3-13.

2. Рудаков О.Б. Цифровой цветометрический контроль качества строительных материалов / О.Б. Рудаков, Е.А. Хорохордина, Е.Н. Грошев [и др.] // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2013. № 7. С. 104-120.

3. Бахметьев К.А. Цифровая цветометрия цементов с применением мобильных устройств / К.А. Бахметьев, В.Е. Гридяев, Д.Е. Степанов [и др.] // Химия, физика и механика материалов, 2018, №2 (17). С. 110-120

4. Апяри В.В. Использование бытовых цветорегистрирующих устройств в количественном химическом анализе / В.В. Апяри, М.В. Горбунова, А.И. Исаченко [и др.] // Журнал аналитической химии. 2017. Т.72. №11 С. 963-977.

5. Черноусова О.В., Рудаков О.Б. Цифровые изображения в аналитической химии для количественного и качественного анализа // Химия, физика и механика материалов, 2019, №2. С.55-125.

References

1. Rudakov O.B., Khorokhordina E.A., Usachev S.M., Khorokhordin A.M. [Digital colorimetric control of mineral additives in cement]. *Himiya, fizika i mekhanika materialov* [Chemistry, physics and mechanics of materials], 2017, no. 2, P. 3-13 (in Russian).

2. Rudakov O.B., Khorokhordina E.A., Groshev E.N., Tran Hai Dang, Selivanova E.B. [Digital colorimetric control quality of construction materials]. *Nauchnyj vestnik VGASU. Seriya: Fiziko-himicheskie problemy i vysokie tekhnologii stroitel'nogo materialovedeniya* [Scientific Bulletin VGASU. Series: Physical and chemical problems of building materials and high technology], 2013, no. 7, P. 104-120 (in Russian).

3. Bakhmetyev K.A. [Digital colorometry of cements using mobile devices

]/ К. А. Bakhmetyev, V. E. Gridiaev, D. E. Stepanov, etc. Himiya, fizika i mekhanika materialov [Chemistry, physics and mechanics of materials], 2018, №2 (17). P. 110-120 (in Russian).

4. Apiary V.V., Gorbunova M.V., Isachenko A.I., Dmitrienko S.G, Zolotov Y.A. [Use of household color-recording devices in quantitative chemical analysis]. Zhurnal analiticheskoy himii [Journal of Analytical Chemistry], 2017. vol.72, no. 11, P. 963-977. doi: 10.7868/S0044450217110019 (in Russian).

5. Chernousova O.V., Rudakov O.B. [Digital images in analytical chemistry for quantitative and qualitative analysis] Himiya, fizika i mekhanika materialov [Chemistry, physics and mechanics of materials], 2019, no 2 (in Russian). P.55-125.

Рудаков Олег Борисович – д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии и химической технологии Воронежского государственного технического университета

Черноусова Ольга Валентиновна – канд. хим. наук, научный сотрудник кафедры химии и химической технологии Воронежского государственного технического университета

Вострикова Татьяна Олеговна – магистрант строительного-технологического факультета Воронежского государственного технического университета

Усачев Сергей Михайлович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Воронежского государственного технического университета

УДК 628.162.9

**ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ,
ОБОГАЩЕННОЙ КРЕМНИЕМ**

О.В. Сибирских, В.Г. Гадиятов, Р.Г. Черепахина*

*Воронежский государственный технический университет
Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, ул. 20-лет Октября, 84*

**Адрес для переписки: Гадиятов Виталий Галияскарович,*

E-mail: gadiatovvg@mail.ru

Работа посвящена насыщению воды природным кремнием. Рассмотрены процессы получения наноструктурированной воды на основе гидроударно-кавитационного метода. Производство наноструктурированных водных систем, обогащенных кремнием, для использования в лечебных и профилактических целях в быту, а также промышленного применения, на сельскохозяйственных предприятиях в качестве поливных установок, в животноводческом комплексе в nipple-поильных системах и строительных растворах для повышения прочностных характеристик бетона. Анализ использования синтетического кремния марки «Экосил-мелур – 3». Применение природного черного кремния из меловых отложений туронского яруса верхнего мела. На основе исследований химического состава и различных фракций природного кремния разработан прибор со сменным блоком. В результате полученный прибор позволяет сократить время процесса получения водной системы, обогащенной кремнием.

Ключевые слова: структурированная вода, активированная вода кремнием, процесс насыщения, сокращение времени активации, прибор для получения активированной воды кремнием

PRODUCE NANOSTRUCTURED AQUEOUS SYSTEMS ENRICHED SILICON

O.V. Sibirskikh, V.G. Gadiyatov, R.G. Cherepakhina*

Voronezh State Technical University,

Russian Federation, 394006, Voronezh, ul. 20th anniversary of October, 84

**Corresponding author: Vitaliy Gadiyatov, E-mail: gadiatovvg@mail.ru*

The work is devoted to the saturation of water with natural silicon. The processes of obtaining nanostructured water on the basis of the hydro-shock-cavitation method are considered. Production of nanostructured water systems, enriched with silicon, for use in therapeutic and proffelactic purposes in everyday life, as well as industrial applications, in agricultural enterprises as irrigation systems, in livestock complex in nipple watering systems and building solutions to improve the strength characteristics of concrete. Analysis of the use of synthetic silicon stamps «ecosil-melur – 3». Application of natural black silicon from the Cretaceous deposits of the Turonian tier of the upper Cretaceous. On the basis of studies of the chemical composition and various fractions of natural silicon, a device with a replaceable unit was developed. As a result, the resulting device can reduce the process time of obtaining an aqueous system enriched with silicon.

Keywords: structured water, activated water with silicon, saturation process, reduction of activation time, device for obtaining activated water with silicon

Введение. Ранее было установлено, что структура воды при механическом воздействии может изменяться на наноуровне и переходить в метастабильное состояние. Структурированная вода оказывает положительное воздействие на живые организмы и другие системы. Идеей для получения такой воды послужили естественные природные процессы, происходящие в водных системах (горные реки с быстрым течением, водопады и др.). Для получения структурированной воды в лабораторных условиях применяют гидроударно-кавитационный метод [1]

В основе лечебного эффекта наноструктурированной воды лежит открытие аквапоринов в мембранах клеток [2]. Аквапорины – интегральные мембранные протеины, формирующие поры в клетках. Через них с большой скоростью могут проходить только одиночные молекулы воды.

Содержание концепции упрощенно можно обрисовать так. Вода за счет водородных связей образует ассоциаты, состоящие из десятка и сотен молекул. Попадая в организм, вода подвергается воздействию ферментов (предположительно), которые разрывают водородные связи в ассоциатах. Образующие одиночные молекулы легко проходят через аквапорины, обеспечивая нормальную работу клеток. В межклеточном пространстве увеличивается количество связанных молекул, которые не могут проникнуть в аквапорины. Начинается обезвоживание клеток, органов и всего организма в целом. С возрастом количество воды в клетках человека снижается на 15-20%, происходит ускоренное старение организма [3]. По сообщению Л.С. Залманова: «Это прогрессирующее «высушивание» составляет анатомо-физиологическую основу старения. Человек становится все более сухим» обезвоженным. Это пора ревматических болезней, невритов, грудной жабы, атеросклероза, гипертонии. Всякая хроническая болезнь – это преждевременное старение» [4].

Получения наноструктурированной водной системы, обогащенной кремнием, является результатом выполненного нами исследования.

Получение наноструктурированной кремниевой воды

Усилить эффект наноструктурированной воды можно, насытив воду кремнием. Кремний относится к биогенным микроэлементам, принимающим участие в жизнедеятельности клеток и органов человеческого организма. Ещё в двадцатых годах прошлого столетия академик В.И. Вернадский говорил: «Никакой организм не может существовать без кремния».

В качестве источника кремния применяют высокочистый диоксид

кремния торговой марки «Экосил-мелур – 3», синтетический тонкодисперсный аморфный диоксид кремния и природный кремний.

Диоксид кремния «Экосил-мелур – 3», представляет собой белый порошок с размером частиц 0,125-0,315 мкм, с насыпным удельным весом 1,20 г/см³, истинным удельным весом 1,87 г/см³, массовая доля SiO₂ составляет 99,7%. Синтетический тонкодисперсный аморфный диоксид кремния имеет насыпной удельный вес 0,364 г/см³, истинный удельный вес составляет 1,75 г/см³, степень чистоты - 99,1%. Аморфный диоксид кремния синтезирован гидролизом тетраэтоксисилана [5].

Природный кремний – горная порода, состоящая из кристаллического и аморфного кремнезёма – халцедона, кварца, опала. В качестве примесей в кремнях присутствуют минералы вмещающих пород, органические остатки морских организмов: спикулы морских губок, скелеты одноклеточных организмов, обломки двухстворчатых раковин. Основное место в составе кремня занимает халцедон, в основе которого микрокристаллический кварц с размером зёрен около одной десятой микрона. В волокнах халцедона находятся микропоры или трубчатые каналы, вытянутые вдоль волокон [6]. Благодаря этому минерал обладает высокой пористостью и более низкой, по сравнению с кварцем (2,65 г/см³), плотностью. Образуется кремний при просачивании подщелоченной морской воды через известняки. В результате этого на дне водоема откладываются кремнистые конкреции (или, как их нередко называют, желваки) различной формы и размеров. Свойства природного кремния, обусловленные условиями образования, в последние годы привлекли внимание исследователей – его стали применять для насыщения воды кремнием.

Насыщение воды кремнием

Насыщение воды синтетическим кремнием происходит путем смешивания порошка диоксида кремния с водой в течение 10-12 часов при комнатной температуре, за которым следует фильтрация полученного раствора для удаления нерастворимых остатков. Природный кремний насыщает собой во-

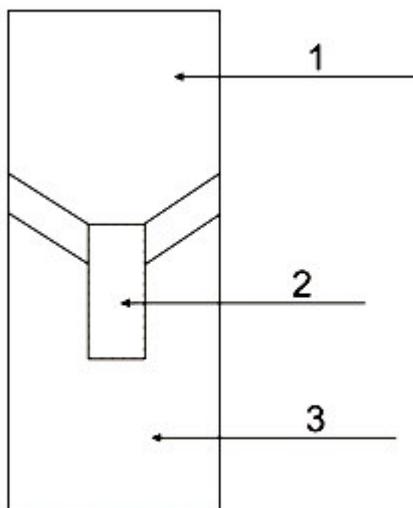
ду при ее настаивании. Для приготовления кремниевой воды, активированной на природном кремне, берут кремнь, заливают водой, выдерживают при комнатной температуре и дневном свете в течение 2-3 дней. Для этого на 3-5 литровую банку воды, достаточно несколько мелких кусков породы или 2-5 г и более на 1 литр воды. Скорость и степень насыщения воды зависит от размера кремня.

Для получения активированной кремниевой воды (АКВ) нами использовался природный черный кремнь из меловых отложений туронского яруса верхнего мела [7] со следующим химическим составом (массовые доли в %): SiO_2 – 91.59-99.3; Al_2O_3 – 0.43-0.9; Fe_2O_3 – 0.03-0.29; CaO – 0.19-5.14; BaO – 0.003-0.04. В чёрных кремнях содержание кремнезёма (99,2 – 99,3 массовые доли, %), Al_2O_3 (0.43 – 0.52) и Fe_2O_3 (0.08 – 0.1) соответствуют содержанием аналогичных компонентов в кремнях из разных районов мира. По данным рентгеноструктурного анализа чёрные кремни характеризуются практически кварцевым составом с незначительным количеством опала.

Исследуемый чёрный кремнь был измельчён на щековой дробилке и с помощью стандартного набора сит разделён на 5 классов крупности (мм): >5; 2,5-5; 1,25-2,5; 0,63-1,25; <0.63. Все пять классов крупности помещались в соответствующий, сменный блок. Наливаемая вода, проходя через фильтрующий элемент естественным путём, насыщалась кремнием и накапливалась в нижней ёмкости. По данным лабораторных исследований, проведенных в химической лаборатории Воронежского государственного технического университета, установлено, что для быстрого насыщения питьевой воды кремнием лучше всего подходит кремнь размером до 5 мм. Максимальное насыщение достигается при использовании самой мелкой фракции кремня размерностью < 0,63 мм [8].

На основе выполненных исследований нами разработан прибор для получения АКВ. Принцип его работы основан на пропускании воды через блок, заполненный природным кремнем разного размера, сорбентом и активным веществом.

Прибор состоит из емкости, разделённой на две части. В центре закреплён сменный блок с природным кремнем (рисунок). Верхняя часть прибора служит для наполнения чистой водой, нижняя – является приёмником воды, прошедшей через блок с наполнителем.



- 1 - ёмкость для чистой воды
- 2 - сменный блок с природным кремнием
- 3 - приёмник для активированной кремнием воды

Схема для получения АКБ

Для получения питьевой АКВ в сменный блок добавляется сорбент и природное минеральное вещество, улучшающие ее качество. В воду, используемую для технических целей, добавки не вводятся. Скорость насыщения воды кремнием определяется скоростью прохождения воды через сменный блок. Обычно составляет не более 1 часа. Главное достоинство данной установки заключается в простоте изготовления и получении недорогой водной системы, обогащенной кремнием.

Заключение. Экологически чистый природный кремень, входящий в состав разработанной установки, востребован для профилактики различных заболеваний и в лечебных целях. АКВ укрепляет кости, улучшает состояние зубов, препятствуя выпадению пломб, снижает чувствительность к холодной и горячей пище. Улучшает состояние кожного покрова и волос, применяется

как средство против перхоти. При наружном применении избавляет от прыщей и гнойников. Облегчает состояние при пролежнях и проявлении дерматита. Повышает регенерацию тканей после порезов и травм.

Найти применение данная установка может также в сельскохозяйственных предприятиях. АКВ можно применять для замачивания семян, полива овощных культур и растений. Кроме того, на предприятиях животноводческого комплекса в ассоциации с поильными системами, включая nipple-ные поилки для птиц. Экологически чистая активированная кремнием вода значительно увеличивает прочностные характеристики бетона в строительных растворах.

В дальнейшем на основе представленной модели установки для насыщения воды кремнием и малогабаритного настольного активатора структурированной воды [9] возможно создание полноценного прибора для получения наноструктурированной воды, активированной кремнием, который можно использовать в промышленных масштабах.

Список литературы

1. Воейков В.Л.//Жизнь как форма организации воды: НАНО ВОДА www.gdvonline.ru/page.php?al=nano_voda&pg=&print=1.
2. Лозовская Е.//Нобелевские премии 2003года. Химия и жизнь, 2003, №12.
3. Коркушко О.В.,Иванов Л.А.//Гипоксия и старение. Киев. Наукова думка, 1980, С.276.
4. Залманов А.Л.//Тайная мудрость человеческого организма М. 1991, С.222.
5. Мосин О.В. / Структурированная вода и способы её получения. http://www.o8ode.ru/article/water/ctrukturirovanna_a_voda_sposoby_polu4enia.htm.
6. Дмитриев Д.А., Савко А.Д., Жабин А.В. Сантонские отложения правобережья среднего течения реки Дон. Воронеж, 2004. 104 с. (Тр. НИИ гео-

логии ВГУ; Вып. 21).

7. Дмитриев Д.А., Гадиятов В.Г., Кукина О.Б., Сибирских О.В. Кремнистые породы Центрально-Чернозёмного региона и перспективы их использования. - Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: Материалы IV научно-практ. конференции. г. Петрозаводск, 30.09 – 2. 10. 2015 г. Воронеж: изд-во «Научная книга». 2015. С. 23-26.

8. Гадиятов В.Г., Кукина О.Б., Сибирских О.В. Разработка способа обогащения питьевой воды кремнием. Воронеж: Научный вестник, Воронежский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, Выпуск №1(10), 2015г.

9. Уваров В.Н. / Крайне высокочастотная терапия/ Конгресс 2012г. <http://www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p125.htm>.

Reference

1. Voeikov V.L.//Life as a form of water organization: NANO WATER www.gdvonline.ru/page.php?al=nano_voda&pg=&print=1.

2. Lozovskaya, E.//Nobel prize 2003. Chemistry and life, 2003, №12.

3. Korkushko O.V.,Ivanov L.A.//Hypoxia and ageing. Kiev. Naukova Dumka, 1980, P. 276.

4. Zalmanov A. L.//the secret wisdom of the human body M. 1991,P. 222.

5. Candidate of Chemical Sciences. Mosin O.V/ Structured water and methods of its production.http://www.o8ode.ru/article /water/ctrukturirovanna_a_voda_sposoby_polu4enia.htm.

6. Dmitriev D.A., Savko A.D., Zhabin A.V. Santon Deposits of the right Bank of the middle reaches of the don river. Voronezh, 2004. 104 p. (Tr. Institute of Geology of the Voronezh state University; Vol. 21).

7. Dmitriev D.A., Gadiyatov V.G., Kukina O.B.,Sibirskikh O. V. Siliceous rocks of the Central black earth region and prospects of their use. - Environmental Geology: theory, practice and regional problems: Materials IV scientific practice.

conferences. Petrozavodsk, 30. 09 – 2. 10. 2015. Voronezh: publishing house «Scientific book». 2015. P. 23-26.

8. Gadiyatov V.G., Kukina O.B., Sibirskikh O.V. Development of a method of enriching drinking water with silicon. Voronezh: Scientific Bulletin, Voronezh State University of Architecture And Construction, Issue No. 1(10), 2015.

9. Uvarov V.N. / Extremely high frequency therapy/ Congress 2012. <http://www.biophys.ru/archive/congress2012/proc-p125.htm>.

Сибирских Олег Валерьевич – аспирант кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов им. Ю.М. Борисова Воронежского государственного технического университета

Гадиятов Витилий Галияскарович – д-р физ.-мат.наук, профессор кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов им. Ю.М. Борисова Воронежского государственного технического университета

Черепихина Раиса Георгиевна – заведующая лабораторией кафедры химии и химической технологии материалов Воронежского государственного технического университета

УДК 691.328.44

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ПОРТЛАНДИТО-АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ КОМПОЗИТОВ**

М.П. Степанова, Н.А. Белькова, С.Г. Аникеенко*

*Воронежский государственный технический университет,
Российская Федерация, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84*

**Адрес для переписки: Белькова Наталья Анатольевна, E-mail: verlnata@mail.ru*

Обсуждается проблема технологии бесклинкерных композитов с портландитовой матрицей, получаемой посредством компактирования индивидуальных нано- и микро-размерных кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и наполнителем алюмосиликатного состава. Обосновываются режимы контактно-конденсационного структурообразования бесклинкерных композитов, и разрабатывается система управления качеством продукции, в частности, путем выявления узких мест технологии.

Ключевые слова: портландит, компактирование, контактно-конденсационное структурообразование, управление качеством, портландито-алюмосиликатный композит

**DEVELOPMENT OF ELEMENTS OF THE CONTROL SYSTEM
OF QUALITY OF THE PORTLANDITO-ALYUMOSILIKATNYKH
INNOVATIVE TECHNOLOGY OF COMPOSITES**

M.P. Stepanova, N.A. Bel'kova, S.G. Anikeenko*

**Corresponding author: Belkova Natalya Anatolyevna, E-mail: verlnata@mail.ru*

The technology problem the besklinkernykh of composites is discussed with the portlanditovy matrix received by means of compaction individual nano - and microdimensional crystals of $Sa (IT)_2$ and filler of alyumosilikatny structure. The modes of contact and condensation structurization the besklinkernykh of composites are proved and the control system of quality of products, in particular, by identification of bottlenecks of technology is developed.

Keywords: portlandit, compaction, contact and condensation structurization, quality management, a portlandito-alyumosilikatny composite

Введение. В развитии строительных технологий в условиях существовавшей ранее доступности цемента утвердилась тенденция неоправданного его использования, в результате чего из практики были вытеснены многие, имеющие многовековую историю, эффективные вяжущие вещества и материалы на известковой, гипсовой, магнезиальной основе и др. [1]. Необходимо отметить, что эта тенденция привела как к утрате технологии многих видов бесцементных и малоцементных вяжущих, так и к сворачиванию соответствующих научно-прикладных разработок. Данная работа посвящена разработке технологии компактированных контактно-конденсационных композитов портландитового состава, включающих в качестве наполнителей различные дисперсные материалы природного и техногенного происхождения.

Ранее проведенные исследования [2] подтверждают возможность получения портландитового камня с прочностью до 25 МПа, который принимается в работе за матрицу. В качестве наполняющего компонента возможным и перспективным явился вариант отхода при производстве натроамофоски, представляющий собой кристаллы карбонаткальциевого состава. Изучением структурообразования портландито-карбонаткальциевых систем занималась Кукина О.Б., в результате удалось получить композит, обладаю-

щей прочностью непосредственно после формования без какой-либо тепловой обработки 20 МПа, способный к дальнейшему упрочнению с течением времени [3, 4]. В задачи данных исследований входило рассмотрение условий получения компактированных структур материалов с использованием алюмосиликатных по составу наполнителей техногенного происхождения на примере боя керамического кирпича. Для внедрения данной технологии в широкое производство необходимо тщательно проработать систему управления качеством продукции, в частности, путем выявления узких мест, а также определить численные характеристики изделий для разработки нормативных документов.

Экспериментальная часть

При выполнении экспериментальных исследований для изготовления образцов композиционного материала были использованы сырьевые материалы, удовлетворяющие требованиям соответствующих стандартов:

1. известь комовая негашеная с активностью (массовой долей активного CaO) – 94,8 %, быстрогасящаяся (со скоростью гидратации 5-6 минут) и температурой гидратации 79,6°C, размолотая до удельной площади поверхности частиц 4600-4700 см²/г;

2. бой керамического кирпича Семилукского комбината строительных материалов, размолотый до удельной площади поверхности частиц 5100-5200 см²/г, химический состав представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав алюмосиликатного компонента

Наименование	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.
Бой керамического кирпича	67,5	9,9	10,2	2,43	1,78	-	следы	2,12	6,28

Состав формовочной смеси был принят по результатам ранее проведенных исследований:

Известь гашеная – 1 кг.

Бой керамического кирпича – 430 гр.

В ходе исследований осуществлялось прессование образцов цилиндров диаметров 5 см, высотой 5 см, масса навески составляла 170 г. Прочность образцов определялась в соответствии с ГОСТ 8462-85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе».

Для выявления таких узких мест технологии использовался один из «семи инструментов качества» – «Диаграмма Исикавы» (диаграмма «рыбья кость») [5, 6]. Она способствует определению главных факторов, оказывающих наибольшее влияние на развитие рассматриваемой проблемы.

Результаты и их обсуждение

Вначале проводилось выявление узких критических мест технологии с помощью причинно-следственной диаграммы Исикавы, которая представлена на рис. 1.

В ходе анализа диаграммы Исикавы установлено, что основными критическими точками и переделами (подпроцессами) производства изделий на основе контактно-конденсационного твердения являются:

1. Показатели характеристик сырья (активность, температура и время гашения извести, значение величины удельной поверхности алюмосиликатного компонента боя керамического кирпича);
2. Параметры технологии (способ гашения извести, температура и количество воды затворения при гашении извести, давление прессования изделий);
3. Качество используемого оборудования (правильность работы и состояние оборудования);
4. Параметры контроля (используемые для контроля методики).

Наибольший интерес из выявленных критических переделов для нас представляют показатели характеристик сырья и параметры технологии. Для большинства из выявленных критических точек оптимальные значения параметров были разработаны в ранее проведенных исследованиях [7].

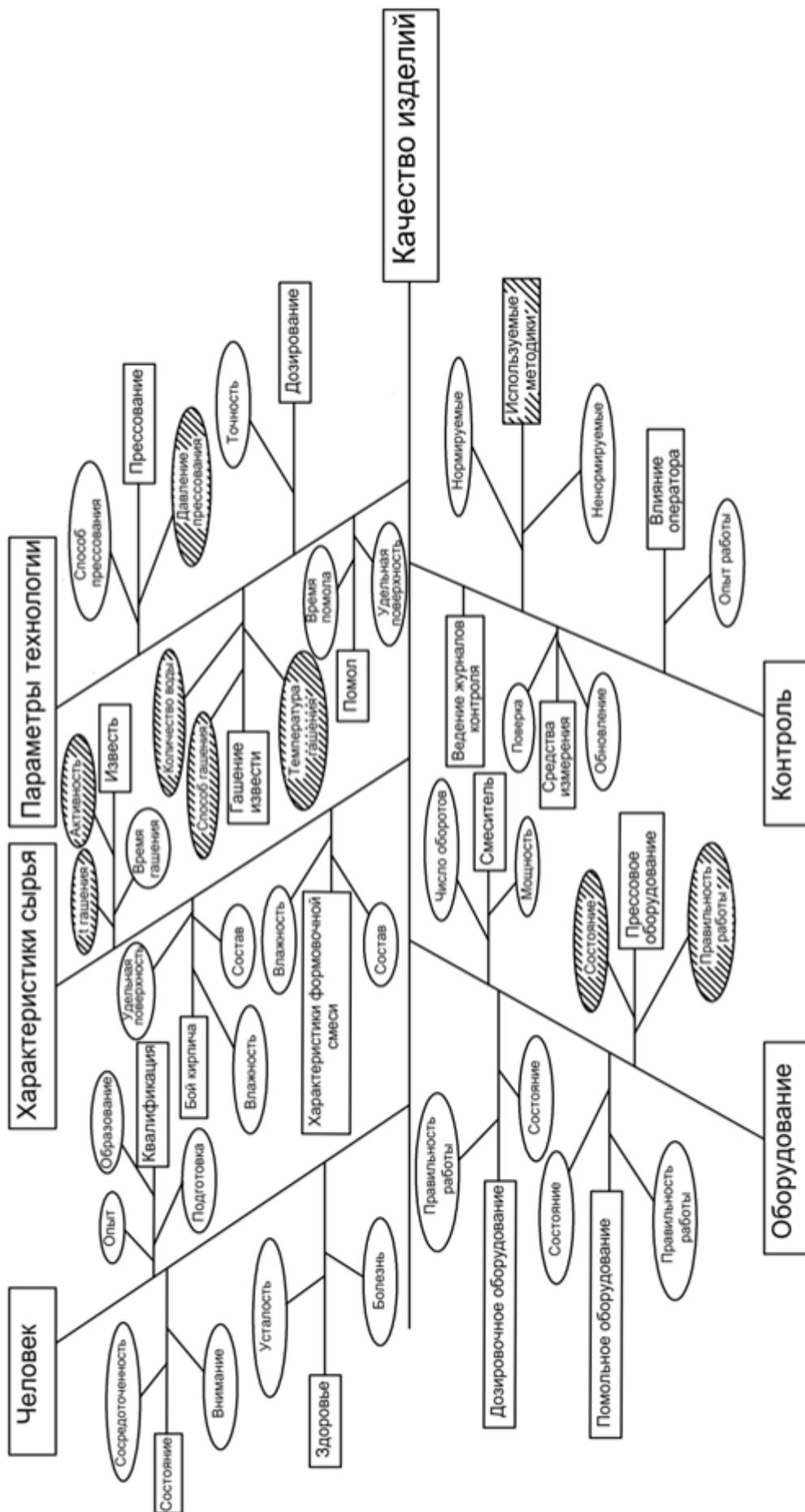


Рис. 1. Диаграмма Исикавы для производства изделий на основе контактно-конденсационных систем твердения

В ходе настоящих исследований проводилась оптимизация технологических параметров расхода воды затворения для гашения извести и давления прессования.

Результаты оптимизации расхода воды представлены на рис. 2 (давление прессования принято 100 МПа [7]). По полученным данным видно, что для используемого вида извести оптимальное соотношение И/В=0,8. При соотношении И/В=0,7 спрессовать образцы не представилось возможным, происходило из «раскрошивание». При это по данным [7] оптимальное соотношение И/В равнялось 1, то есть предположение, что характеристики извести, и как следствие, расход воды затворения на ее гашение является критической точкой данной технологии подтверждается.

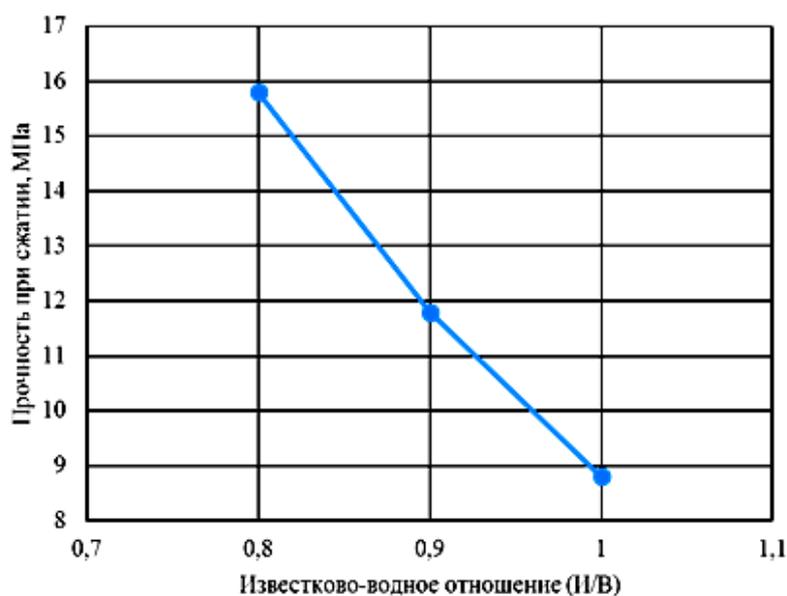


Рис. 2. Зависимость прочности образцов от известково-водного отношения (И/В)

Далее изучалось влияние давления прессования на прочность, результаты представлены на рис. 3. По полученным данным видно, что давление прессования в 100 МПа является оптимальным: прочность при сжатии образцов почти в 2 раза выше, чем при давлении прессования 80 и 90 МПа. Повышение давления прессования не приводит к повышению прочностных характеристик, а, напротив, снижает прочность с 15,8 до 12,5 МПа (практи-

чески на 25 %), при этом наблюдается перепрессовка, расслоение образцов.

Для оценки стабильности результатов исследований осуществлялась оценка закона распределения прочностных характеристик образцов. На рис. 3 представлена гистограмма частот распределения, в табл. 2 – результаты расчета статистических характеристик.

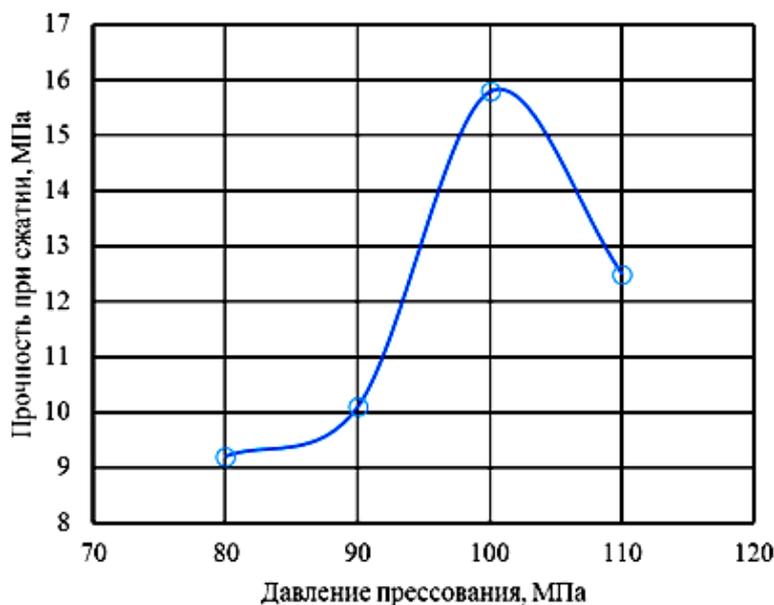


Рис. 3. Зависимость прочности образцов давления прессования

Таблица 2

Результаты обчета статистических характеристик

Наименование характеристики	Расчетная формула	Значение
Среднее арифметическое значений	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_M h_i$	15,8
Дисперсия	$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (x_M - \bar{X})^2 h_i$	4,42
Стандартное отклонение	$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (x_M - \bar{X})^2 h_i}$	2,1
Асимметрия	$A = m_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (x_M - \bar{X})^3 h_i$	-0,235
Эксцесс	$m_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (x_M - \bar{X})^4 h_i$	339
Коэффициент асимметрии	$a_3 = \frac{m_3}{(m_2)^{3/2}} = \frac{m_3}{s^3}$	-0,025
Коэффициент эксцесса	$a_4 = \frac{m_4}{(m_2)^2} = \frac{m_4}{s^4}$	19,9

Полученные данные позволяют утверждать, что результаты испытаний имеют распределение, близкое к нормальному [8], несколько смещенное вправо ($A = -0,235 < 0$), одномодальное, островершинное (эксцесс $m_4 = 339$).

Заключение. В целом можно утверждать, что материалы, полученные на основе извести с наполнителем алюмосиликатного типа (боя керамического кирпича) по технологии контактно-конденсационного твердения обладают прочностью непосредственно после формования до 20 МПа без какой-либо тепловой обработки и могут использоваться в качестве стеновых материалов при малоэтажном строительстве. Отметим также, что при разработке технологии и основных технологических документов выявленные критические точки и переделы нуждаются в более детальной проработке.

Список литературы

1. Значко-Яворский И.Л. Очерки истории вяжущих веществ от древних времен до середины XIX века. Изд. Академии наук СССР. Москва. Ленинград, 1963. 400 с.

2. Чернышов Е.М., Потамошнева Н.Д. Искусственный камень на основе кристаллизации портландита // Современные проблемы строительного материаловедения: Академические чтения РААСН: материалы к международной конференции. Самара, 1995, Ч.1. С.20-21.

3. Чернышов Е.М., Потамошнева Н.Д., Сергуткина О.Р., Кукина О.Б. Портландито-карбонаткальциевый материал с контактно-конденсационным механизмом структурообразования // Современное состояние и перспектива развития строительного материаловедения: Материалы международной научно-технической конференции. Самара, 2004. С. 566-570.

4. Кукина О.Б. Техногенные карбонаткальциевые отходы и технология их использования в строительных материалах с учетом структурообразующей роли: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Воронеж, 2002. 186 с.

5. Исикава К. Японские методы управления качеством /Сокр. пер. с англ./Науч. ред. и авт. предисл. А.В. Гличев. /- М.: Экономика, 1988. 215 с.

6. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. Управление качеством: Учебник – 3-е изд., стер. СПб.: Изд. «Лань», 2019, 180 с.

7. Чернышов, Е.М. Портландито-алюмосиликатные контактно-конденсационные системы твердения и композиты на их основе: оптимизация определяющих условий и факторов технологии / Е.М. Чернышов, М.П. Степанова, Н.Д. Потамосшнева // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура, 2012, №3. С. 96-106.

8. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: Физматлит, 2006. 816 с.

Reference

1. Znachko-Yavorsky I.L. Sketches of history of the knitting substances from ancient times to the middle of the 19th century. Prod. Academy of Sciences of the USSR. Moscow. Leningrad, 1963.400p.

2. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D. An artificial stone on the basis of crystallization of the portlandit//Modern problems of construction materials science: Academic readings PAACH: materials for the international conference - Samara, 1995, Ch.1. P. 20-21.

3. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D., Sergutkina O.R., Kukina O.B. Portlan-dito-karbonatkaltsiyevy material with the contact and condensation mechanism of structurization//the Current state and perspective of development of construction materials science: Materials of the international scientific and technical conference. Samara, 2004. P. 566-570.

4. Kukina O.B. Technogenic karbonatkaltsiyevy waste and technology of their use in construction materials taking into account a structure-forming role: yew.... кандютехн. sciences: 05.23.05. Voronezh, 2002. 186 p.

5. Isikava K. The Japanese methods of management of quality / Abbr. the

lane with English / Nauch. edition and bus предисл. A.V. Glichev./-M.: Economy, 1988. 215 p.

6. Leonov O.A., Temasova G.N., Vergazova Yu.G. Quality management: The textbook – the 3rd prod., erased. - SPb.: Prod. «Fallow deer», 2019, 180 p.

7. Chernyshov, E.M. Portlandito-alyumosilikatnye the contact and condensation systems of solidification and composites on their basis: optimization of the defining conditions and factors of technology / E.M. Chernyshov, M.P. Stepanova, N.D. Potamoshneva//the Scientific bulletin of the Voronezh GASU. Construction and architecture, 2012, No. 3. P. 96-106.

8. Kobza player A. I. Applied mathematical statistics. For engineers and scientists. M.: Fizmatlit, 2006. 816 p.

Степанова Мария Петровна – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Воронежского государственного технического университета

Белькова Наталья Анатольевна – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Воронежского государственного технического университета

Аникеенко Сергей Геннадьевич – магистр 2-го года обучения гр. М052 Воронежского государственного технического университета

Научное издание

ХИМИЯ, ФИЗИКА И МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

№ 3 (22), 2019

Научный журнал

В авторской редакции

*Дата выхода в свет: 19.07.2019.
Формат 60×84 1/8. Бумага писчая.
Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 3,7.
Тираж 500 экз. Заказ № 151
Цена свободная*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект, 14

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии ВГТУ
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84