

## Реализация механизмов контактно-конденсационной теории твердения при формировании строительных композитов

М.П. Степанова<sup>1</sup>, О.А. Сотникова<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
ул. 20 лет Октября, 84, г. Воронеж, 394006, Российская Федерация

✉ e-mail: [hundred@vgasu.vrn.ru](mailto:hundred@vgasu.vrn.ru)

### Резюме

**Цель исследования.** Целью данной работы является изучение композиционных материалов для строительных конструкций, которые являются более дешевыми, т.к. бесцементные и без тепловой обработки, что позволит им несомненно найти применение в строительных конструкциях и занять свою строительную нишу. В связи с этим необходимым является выявление закономерности структурообразования бесклинкерных композиционных материалов контактно-конденсационного твердения, в которых роль матрицы выполняют кристаллы портландита, а в качестве наполнителя выступает физико-химически-активный компонент природного происхождения.

**Методы.** В соответствии с поставленной целью решалась одна из основных задач нашей работы, которая состояла в изучении закономерностей структурообразования контактно-конденсационных систем твердения, используя основные положения материаловедения, состоящие в изучении влияния состава, структуры и состояния исходных компонентов на свойства композиционного материала. В нашей работе изучалась роль физико-химической активности сырьевых компонентов и возможности «соединения» портландитовой матрицы с наполняющими механо-физико-химически активными сырьевыми материалами, способными давать новые структуры. Для формирования композиционного материала применялся способ компактирования прессованием, при повышенных удельных давлениях, что позволило реализовать механизмы контактно-конденсационной технологии формирования структуры. Образование физико-химических связей портландита и алюмосиликатного наполнителя различного типа возможно также при определенных соотношениях их массовых долей, В/И отношений, на оптимизацию которых также была направлена работа.

**Результаты.** Результатом данной работы является оценка влияния показателей характеристик сырья и параметров технологии на свойства получаемого материала. А именно, рационализация давления прессования и количества наполнителя при получении компактированного композита для строительных конструкций.

**Заключение.** Разработка технологии получения бесклинкерных композитов контактно-конденсационного твердения на основе портландита с алюмосиликатным наполнителем позволит расширить сырьевую базу местных строительных материалов, снизить их себестоимость и энергоемкость производства, то есть решить ключевые вопросы ресурсосбережения при производстве строительных материалов и строительных конструкций из них.

**Ключевые слова:** строительные конструкции; строительный композит; контактно-конденсационная теория; портландит.

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Степанова М.П., Сотникова О.А. Реализация механизмов контактно-конденсационной теории твердения при формировании строительных композитов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020; 24(1): 90-102. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-1-90-102>.

Поступила в редакцию 16.12.2019

Подписана в печать 27.01.2020

Опубликована 21.02.2020

## Implementation of Contact-Condensation Hardening Theory Mechanisms when Forming Building Composites

Maria P. Stepanova<sup>1</sup>, Olga A. Sotnikova<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup> Voronezh State Technical University  
20 Let Oktyabrya str. 84, Voronezh 394006, Russian Federation

✉ e-mail: hundred@vgasu.vrn.ru

### Abstract

**Purpose of research** is to study cheaper composite materials for building structures such as cement-free ones without heat treatment, which will undoubtedly allow finding their application in building industry. To achieve this goal it is necessary to identify patterns of structure formation of clinker-free contact condensation hardening composite materials in which portlandite crystals act as a matrix, and the physicochemical active component of natural origin acts as a filler.

**Methods.** In accordance with the purpose set, one of the main tasks of the work was to be solved; it involved studying the patterns of structure formation of contact-condensation hardening systems relying on the basic principles of materials science, which include studying the influence of the composition, structure and state of the starting components on the properties of a composite material. In this work, we studied the role of the physicochemical activity of raw materials and the possibility of 'combining' a portlandite matrix with filling mechano-physicochemical active raw materials capable of producing new structures. To form the composite material, a compaction pressing technique at elevated specific pressures was used, which made it possible to implement the mechanisms of contact condensation technology of structure formation. The formation of physicochemical bonds of portlandite and aluminosilicate filler of various types is also possible with certain ratios of their mass fractions and V/I ratios the optimization of which was one of our objectives.

**Results.** The result of this work is to assess the impact of raw material characteristics and technology parameters on the properties of the resulting material, namely, the improvement of the compacting pressure and the amount of filler when getting a compacted composite.

**Conclusion.** The development of a technology of producing clinker-free contact condensation composites based on portlandite with aluminosilicate filler will expand the raw material base of local building materials, reduce their cost and energy consumption, that is, solve key issues of resource saving in the building materials production.

**Keywords:** building structures; building composite; contact condensation theory; portlandite.

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**For citation:** Stepanova M. P., Sotnikova O. A. Implementation of Contact-Condensation Hardening Theory Mechanisms when Forming Building Composites. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2020, 24(1): 90-102 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-24-1-90-102>.

Received 16.12.2019

Accepted 27.01.2020

Published 21.02.2020

\*\*\*

## Введение

На сегодняшний день при изготовлении строительных конструкций и деталей цемент и материалы на его основе вытеснили другие, менее энергоемкие виды вяжущих и материалы на их основе. Однако такая тенденция является не совсем оправданной, т.к. в строительстве имеется целый ряд строительных конструкций, в которых целесообразным является использование именно более дешевых материалов и отказ от изделий на клинкерных вяжущих. Это могут быть и несущие конструкции зданий и сооружений, внутренние ограждающие конструкции (перегородки, самонесущие стены, конструкции для заполнения проемов и т.д.). Строительные конструкции, возводимые из композиционных материалов, рассматриваемые в качестве объекта исследований в нашей работе, будут надежными, обладающими приемлемой, достаточной прочностью, жесткостью и, что немаловажно для строительных конструкций, – экономичностью. Исследуемые бесклинкерные композиты обладают уникальными свойствами, которые зависят от свойств компонентов, входящих в них. Однако нельзя сказать, что свойства композита будут повторять свойства сырьевых материалов. Именно в том и состоит их особенность и уникальность. Используя основные положения материаловедения, состоящие в изучении влияния состава, структуры и состояния исходных компонентов на структурооб-

разование композиционного материала, в нашей работе изучалась роль физико-химической активности сырьевых компонентов, их «степени подготовленности» на свойства полученного материала. В качестве матрицы (основы) были использованы предварительно полученные кристаллы портландита, которые соединялись с механо-физико-химически активным наполнителем. По структуре наполнители для композитов могут быть различными – это и волокнистые материалы, и слоистые, и дисперсные. Нами был выбран алюмо-силикатный наполнитель, природный по происхождению, тонкоизмельченный до состояния дисперсного порошка, т.е. механо-активированный. Этот наполнитель был выбран не случайно, а исходя из его минералогического состава и активности по отношению к матрице. При компактировании и реализации механизмов контактно-конденсационного твердения, можно рассчитывать на возникновение структурных связей между ними с образованием гидросиликатов Са.

Анализ современных работ [1-7] показывает, что с использованием теории контактно-конденсационного твердения разработаны технологии производства элементов дорожных покрытий, кирпича, плиток, и других изделий. Так, на основе принципа «контактного твердения» в ИжГТУ разработаны минеральные золошлаковые композиции для оснований

дорожных одежд автомобильных дорог [8]. В качестве сырьевых материалов была использована золошлаковая смесь кислого состава, песчано-гравийная смесь, а в качестве активатора – СаО. При строительстве опытных участков дорог наблюдалось уплотнение смеси, применяемой в качестве основания, при соблюдении оптимальной влажности. Полотно основания оказывалось плотное и прочное, и к третьим суткам возможно было укладывать асфальтобетонное покрытие. Во многом такой эффект достигается при реализации принципов контактно-конденсационной технологии.

### Материалы и методы

Принцип «контактного твердения» основан на способности дисперсных силикатных и алюмосиликатных веществ, находящихся в аморфном состоянии, образовывать прочный водостойкий материал в момент сближения частиц при уплотнении. «Эффект упорядочения структуры минеральных веществ», открытый в 50-е годы XX столетия, обуславливает получение искусственного камня в момент уплотнения при формировании конструкций, что принципиально отличает вяжущие и бетоны контактного твердения от вяжущих и бетонов гидратационного твердения. При этом образующиеся структурные связи хорошо противостоят диспергирующему действию воды [9]. Для реализации механизмов контактно-конденсационной технологии необходимым является подготовка сы-

рьевых компонентов и достижения ими неравновесного энергетического состояния. 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 СаО) – 94,8 %, быстрогасящаяся (со скоростью гидратации 5-6 минут) и температурой гидратации 79,6 °С, размолотая до удельной площади поверхности частиц 4600 - 4700 см<sup>2</sup>/г.

2. Алюмосиликатный наполнитель – трепел – тонкопористая осадочная порода, которая состоит из кальцита и кварца, в ней кварц представлен преимущественно аморфной фазой тридимит-кристобалитового ряда, с примесью глинистых минералов [10]. Химический состав наполнителя представлен в табл. 1. Основываясь на данных исследования структуры и состава наполнителя, можно полагать, что содержащаяся в нем аморфная фаза в виде кристобалита, тридимита, аморфизированного глинистого вещества окажется реакционно активной по отношению к гидрату СаО и в результате физико-химических взаимодействий и образования структурных связей между матрицей и наполнителем, при реализации механизмов контактно-конденсационной технологии, можно рассчитывать на образование низкоосновных гидросиликатов Са.

## Результаты и их обсуждение

Основными критическими точками и переделами (подпроцессами) производства изделий на основе контактно-конденсационного твердения являются представленные на рис. 1 переделы.

В данной работе производилась оценка влияния показателей характеристик сырья и параметров технологии на свойства получаемого материала. А именно, проводилась рационализация давления прессования и количества наполнителя при получении компактированного композита.

**Таблица 1.** Химический состав наполнителя

**Table 1.** Filler chemical composition

Наименование породы	Содержание основных оксидов, %					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	ппп
Трепел	75,64- 82,04	5,91-11,39	2,49-6,75	0,25-1,50	0,2-2,10	0,5-2,0



**Рис. 1.** Критические точки и переделы производства изделий на основе контактно-конденсационного твердения

**Fig. 1.** Critical points and redistribution of the production of products based on contact condensation hardening

Выбор данных показателей обусловлен тем, что формирование структу-

ры прессованных портландито-алюмосиликатных композиционных материалов

происходит по контактно-конденсационному механизму омоноличивания первичных контактов в результате синтеза щелочно-кислотных гидратных соединений из насыщенных растворов щелочных и кислотных оксидов [11-13]. Образование физико-химических связей портландита и алюмосиликатного на-

полнителя различного типа возможно при определенных соотношениях их массовых долей, В/И отношений и в условиях приложения некоторого пресового давления. Возможные пределы изменения исследуемых факторов приведены в табл. 2.

**Таблица 2.** Пределы изменения технологических параметров

**Table 2.** Measuring range of technological parameters

Наименование технологических параметров	Массовая доля наполнителя, %	Количество воды при гашении извести, И	Прессовое давление, МПа
Основной уровень	15	0,9	100
Верхний уровень	30	1	120
Нижний уровень	0	0,8	80

Выбор границ производился с учетом полученных прочностных показателей композитов в ранее выполненных исследованиях, а также на основании технологических условий контактно-конденсационного твердения, технических возможностей осуществления процесса прессования [14-16].

Критерием оценки влияния различных факторов на процесс структурообразования был принят предел прочности при сжатии композиционного материала непосредственно после изготовления.

В исследованиях ставились и решались следующие оптимизационные задачи:

- достижение максимума значения прочности композита непосредственно после формования;

- минимум величины пресового давления для обеспечения заданной прочности;

- оптимизация влажности сырьевой смеси для обеспечения заданной прочности.

На первом этапе необходимо было провести подбор расхода воды для данного вида извести. Давление прессования было выбрано 100 МПа, на основании ранее проводимых исследований [17-18]. Результаты расхода воды представлены на рис. 2.

По полученным данным видно, что оптимальное соотношение И/В=0,8. При меньших количествах воды (И/В=0,7) отформовать образцы оказалось невозможным, так как происходило их расслаивание.

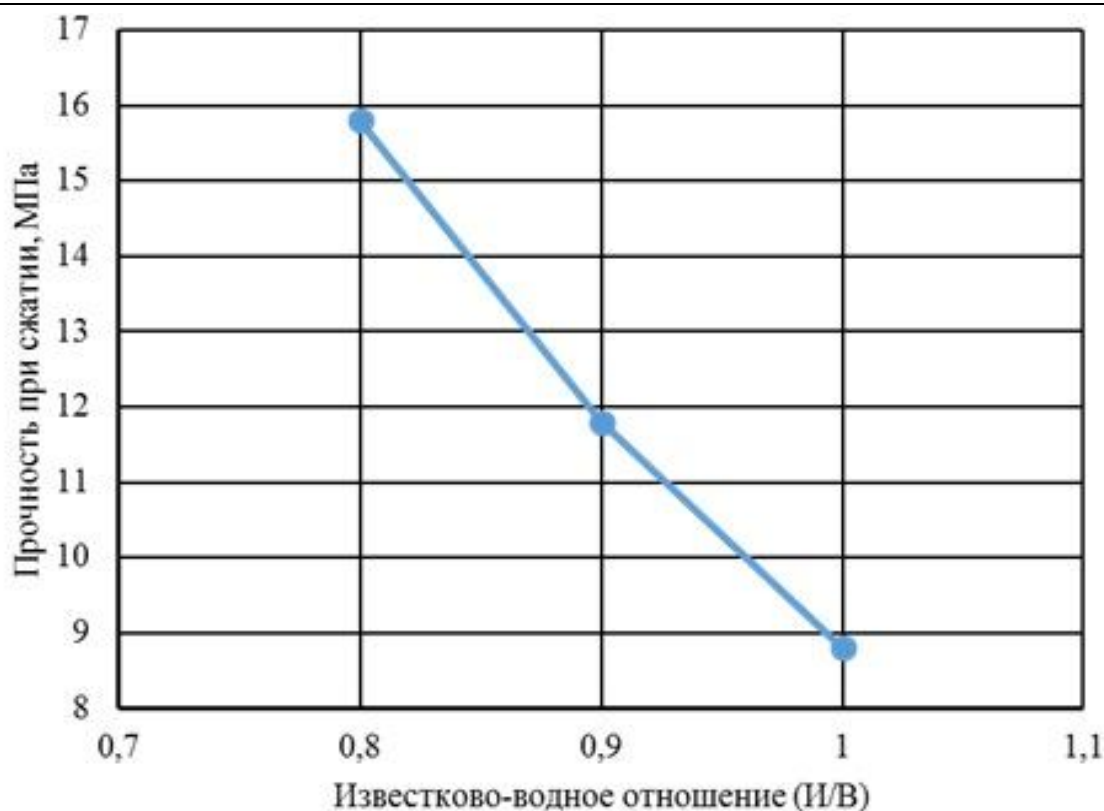


Рис. 2. Зависимость прочности образцов от известково-водного отношения

Fig. 2. The dependency of the strength of the samples on the lime-water ratio

На втором этапе проводилось изучение влияния давления прессования на прочность портландито-алюмосиликатного композита. Для реализации механизмов контактно-конденсационной технологии давление является одним из определяющих факторов для получения структуры. Считается, что удельное давление может достигать до 1000 МПа (при гиперпрессовании) [19-20]. Однако в результате наших исследований выявлено, что при одностороннем одноступенчатом прессовании (какое применялось в данной работе) оптимум прочности при сжатии образцов достигается при 100 МПа. При повышении давления до 110-120 МПа наблюдается перепрессовка и

расслаивание образцов (прочность снижается на 24 %). Таким образом, при оценке влияния массовой доли наполняющего алюмосиликатного наполнителя на прочностные показатели было применено давление 100 МПа. В ходе исследования было отмечено, что наилучшие прочностные показатели композита достигнуты при 30% алю-мосиликатного наполнителя. С течением времени прочность растет и к 28-м суткам твердения в воздушно-сухих условиях достигает 28 МПа без какой-либо тепловой обработки (рис.3).

Полученные композиционные материалы являются также водостойкими,  $K_{разм.} = 0,68-0,75$  для различных со-

ставов. Именно водостойкость полученного материала позволяет выдвинуть предположение о возникновении связей не только физической природы, а также о физико-химическом взаимодействии

портландитовой матрицы и алюмосиликатного наполнителя. Однако данные предположения нуждаются в дальнейших подтверждениях методами РФА, ДТА, ИК и др.

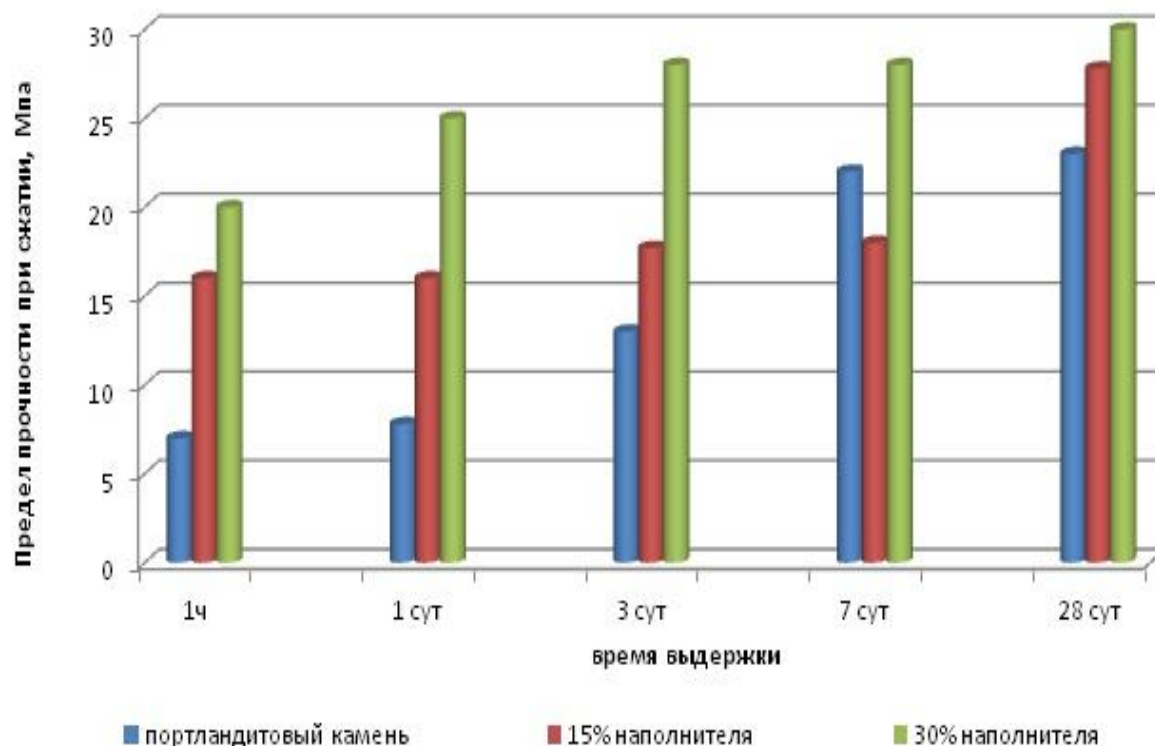


Рис. 3. Прочностные показатели композиционного материала

Fig. 3. Composite material strength parameters

### Выводы

Современная тенденция использования цемента и материалов на его основе при изготовлении строительных конструкций и деталей вытеснила другие, менее энергоемкие виды вяжущих и материалы. Однако это представляется не совсем оправданным решением, т.к. в строительстве имеется целый ряд строительных конструкций, в которых целесообразным является использование именно более дешевых материалов и отказ от изделий на клинкерных вя-

жущих. Строительные конструкции, возводимые из композиционных материалов, рассматриваемые в данной работе, будут надежными, обладающими приемлемой, достаточной прочностью, жесткостью и, что немаловажно для строительных конструкций, – экономичностью.

В ходе работы была произведена оценка влияния показателей характеристик сырья и параметров технологии на свойства получаемого композиционного материала. А именно, проводилась рационализация давления прессования



и количества наполнителя при получении компактированного композита. Был получен водостойкий камень, обладающий прочностью через сутки 18 МПа и упрочняющийся к 28-м суткам до 28 МПа без какой-либо дополнительной тепловой обработки. Полученные дан-

ные позволяют рекомендовать бесклнкерный малоэнергоёмкий композиционный материал для использования в малоэтажном строительстве, при возведении несущих стен, перегородок, самонесущих стен, конструкции для заполнения проемов и т.д.

### Список литературы

1. Юдин Л. В., Турчин В. В. Строительные материалы контактного твердения на основе шлаков, зол и грунтов // *Строительные материалы и изделия*. 2010. № 2. С. 303-307.
2. Коренькова С. Ф., Пиявский С. А., Сидоренко Ю. В. Моделирование процессов подготовки контактно-конденсационной смеси // *Успехи строительного материаловедения РААСН: материалы юбилейной конференции*. Москва, 2001. С. 197 - 203.
3. Нагель А.Е., Овчаренко Г.И. Использование контактно-конденсационных материалов при строительстве оснований автомобильных дорог // *Ползуновский альманах*. 2018. № 2. С. 139-144.
4. Соломатов В.И. Строительное материаловедение в третьем тысячелетии // *Современные проблемы строительного материаловедения: материалы Седьмых Академических Чтений РААСН*. Белгород, 2001. Ч.1. С. 3 - 7.
5. Сидоренко Ю.В. Механизм создания контактно-конденсационной перемычки между структурообразующими элементами на мезоуровне уровне // *Современные представления об инвестиционных процессах и новые строительные технологии: труды секции “Строительство” РИА*. М., 2004. Вып.5. Ч.2. С.168-178.
6. Сандрашева А.О. Контактно-конденсационное твердение материалов на основе низкоосновных гидросиликатов кальция // *Ползуновский альманах*. 2017. Т.2. № 4. С.204-208.
7. Чернышов Е. М., Потамошнева Н. Д. Искусственный камень на основе кристаллизации портландита // *Современные проблемы строительного материаловедения. Академические чтения РААСН: материалы к Междунар. конф.* Самара, 1995. С. 20 – 21.
8. Юдина Л.В., Юдин А.В. *Металлургические и топливные шлаки в строительстве*. Ижевск: Удмуртия; М.: АСВ, 1995. 160 с.
9. Глуховский В. Д., Рунова Р. Ф., Максунув С. Е. *Вязущие и композиционные материалы контактного твердения*. Киев: Вища школа, 1991. 243 с.
10. Юлдашбаева В.Ф., Горожанин В. М., Мичурин С. В. *Химический и минеральный состав трепелов в меловых отложениях на юго-востоке Башкортостана* // *Геология*,

полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана: сборник статей. Уфа, 2018. С.316-321.

11. Белов Н. В. Очерки по структурной минералогии. М. : Недра ,1976. 344 с.

12. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. 3 изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1971. 400 с.

13. Кристаллизация гидратных новообразований цементного камня на карбонатной подложке / Ю. И. Бенштейн, Ю. М. Бутт, В. В. Тимашев, Б. С. Каверин // Силикаты: труды МХТИ. Вып. LXVIII. М., 1971. С. 238 – 242.

14. Потамошнева Н.Д., Степанова М.П. Оптимизация технологии портландито-алюмосиликатного композита контактно-конденсационного твердения // Механика разрушения бетона, железобетона и других строительных материалов: сборник статей по материалам 7-й международной конференции: в двух томах. 2013. С. 3-10.

15. Строительные композиты с контактно-конденсационными нано-, микроструктурными матрицами из искусственного портландита / Е. М. Чернышов, Н. Д. Потамошнева, О. Б. Кукина, М. П. Степанова // Материалы XV Академических чтений РААСН – международной научно-технической конференции. Казань, 2010. С.308-321.

16. Чернышов Е. М., Степанова М. П., Потамошнева Н. Д. Портландито-алюмосиликатные контактно-конденсационные системы твердения и композиты на их основе: возможные механизмы структурообразования // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. 2012. № 3(27). С. 86-96.

17. CLINKERLESS COMPOSITES WITH PORTLANDITE MATRIX / E.M. Chernyshov, N.D. Potamoshneva, M.P. Stepanova , R.V. Lesovik // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. №12. P. 1109-1113.

18. Наноструктурные портландито-алюмосиликатные контактно-конденсационные системы твердения и композиты на их основе / М. П. Степанов [и др.] // Вестник МГСУ. 2013. № 2. С. 114-122.

19. Усольцев И.А., Жданов Н.В., Овчаренко Г.И. Разработка технологической линии для производства гиперпрессованного кирпича на известняковом отсеке // Ползуновский альманах. 2018. № 2. С.197-200.

20. Кирпич по технологии гиперпрессования / Ю.В. Сапрыгина, А.А. Потхин, А.В. Тышкевич, Е.А. Андреев // Современный взгляд на изучение актуальных проблем: материалы международной научно-практической конференции. Астрахань, 2017. С. 36-39.

## References

1. Yudin L.V., Turchin V.V. Stroitel'nye materialy kontaktnogo tverdeniya na osnove shlakov, zol i gruntov [Building materials of contact hardening based on slags, ashes and

soils]. *Stroitel'nye materialy i izdeliya = Building materials and products*, 2010, no. 2, pp. 303-307 (In Russ.).

2. Korenkova S.F., Piyavsky S. A., Sidorenko Yu. V. [Modeling of the processes of preparation of contact-condensation mixture]. *Materialy yubileinoi konferentsii "Uspekhi stroitel'nogo materialovedeniya RAASN"* [Materials of the anniversary conference "Advances in building materials science RAASN"]. Moscow, 2001, pp. 197 - 203 (In Russ.).

3. Nagel A.E., Ovcharenko G.I. Ispol'zovanie kontaktno-kondensatsionnykh materialov pri stroitel'stve osnovanii avtomobil'nykh dorog [The use of contact condensation materials in the construction of foundations of highways]. *Polzunovskii al'manakh = Polzunovsky Almanac*, 2018, no. 2, pp. 139-144 (In Russ.).

4. Solomatov V.I. [Building materials science in the third millennium]. *Materialy Sed'mykh Akademicheskikh Chtenii RAASN "Sovremennye problemy stroitel'nogo materialovedeniya"* [Materials of the Seventh Academic Readings of the RAAS "Modern problems of building materials science"]. Belgorod, 2001, pt. 1, pp. 3 - 7 (In Russ.).

5. Sidorenko Yu.V. [The mechanism of creating a contact-condensation bridge between structure-forming elements at the mesoscale level]. *Sovremennye predstavleniya ob investitsionnykh protsessakh i novyestroitel'nye tekhnologii: Trudy seksii "Stroitel'stvo" RIA* [Modern ideas about investment processes and new-building technologies. Proceedings of the Construction section of the RIA]. Moscow, 2004, is. 5, pt. 2, pp.168-178 (In Russ.).

6. Sandrasheva A.O. Kontaktno-kondensatsionnoe tverednie materialov na osnove nizkoosnovnykh gidrosilikatov kal'tsiya [Contact condensation solid materials based on low-basic calcium hydrosilicates]. *Polzunovskii al'manakh = Polzunovsky Almanac*, 2017, vol.2, no. 4, pp. 204-208 (In Russ.).

7. Chernyshov E. M., Potamoshneva N.D. [Artificial stone based on crystallization of portlandite]. *Sovremennye problemy stroitel'nogo materialovedeniya "Akademicheskie chteniya RAASN" Materialy k Mezhdunar. konf. Samara* [Modern problems of building materials science "Academic readings of the RAASN". Materials for the Intern. conf.]. Samara, 1995, pp. 20 - 21 (In Russ.).

8. Yudina L.V., Yudin A.V. *Metallurgicheskie i toplivnye shlaki v stroitel'stve* [Metallurgical and fuel slag in construction]. Izhevsk, Udmurtia Publ.; Moscow, *ACB Publ.*, 1995, 160 p. (In Russ.).

9. Glukhovskiy V. D., Runova R. F., Maksunov S. E. *Vyazhushchie i kompozitsionnye materialy kontaktnogo tverdeniya* [Cementing and composite materials of contact hardening]. Kiev, *Vishka shkola Publ.*, 1991, 243 p. (In Russ.).

10. Yuldashbaeva V.F., Gorozhanin V. M., Michurin S. V. [Chemical and mineral composition of tripoli in Cretaceous sediments in the southeast of Bashkortostan]. *Sbornik*

*statei "Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geokologii Bashkortostana"* [Collection of articles "Geology, minerals and geocology problems of Bashkortostan"]. Ufa, 2018, pp.316-321 (In Russ.).

11. Belov N.V. *Ocherki po strukturnoi mineralogii* [Essays on structural mineralogy]. Moscow, Nedra Publ., 1976, 344 p. (In Russ.).

12. Bokiy G.B. *Kristallohimiya* [Crystal chemistry]. Moscow, Nauka Publ., 1971, 400 p. (In Russ.).

13. Benstein Yu. I., Butt Yu. M., Timashev V.V., Kaverin B. S. [Crystallization of hydrated neoplasms of cement stone on a carbonate substrate]. *Silikaty. Trudy MKhTI* [Silicates. Proceedings of the Moscow Art Theater]. Moscow, 1971, is. LXYIII, pp. 238 - 242 (In Russ.).

14. Potamoshneva N.D., Stepanova M.P. [Optimization of the technology of portlandite-aluminosilicate composite of contact condensation hardening]. *Sbornik statei po materialam 7-i mezhdunarodnoi konferentsii: "Mekhanika razrusheniya betona, zhelezobetona i drugikh stroitel'nykh materialov"* [Collection of articles on the materials of the 7th international conference "The mechanics of the destruction of concrete, reinforced concrete and other building materials"]. 2013, pp. 3-10 (In Russ.).

15. Chernyshov E. M., Potamoshneva N. D., Kukina O. B., Stepanova M. P. [Building composites with contact-condensation nano-, microstructural matrices made of artificial portlandite]. *Materialy XV Akademicheskikh chtenii RAASN – mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* [Materials of the XV Academic Readings of RAASN - International Scientific and Technical Conference]. Kazan, 2010, pp. 308-321 (In Russ.).

16. Chernyshov E. M., Stepanova M. P., Potamoshneva N.D. Portlandito-alyumosilikatnye kontaktno-kondensatsionnye sistemy tverdeniya i kompozity na ikh osnove: vozmozhnye mekhanizmy strukturoobrazovaniya [Portlandite-aluminosilicate contact-condensation hardening systems and composites based on them: possible mechanisms of structure formation]. *Nauchnyi vestnik VGASU. Stroitel'stvo i arkhitektura = Scientific Bulletin of VGASU. Construction and architecture*, 2012, no. 3 (27), pp. 86-96 (In Russ.).

17. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D., Stepanova M.P., Lesovik R.V. Clinkerless composites with portlandite matrix. *Research Journal of Applied Sciences*, 2014, vol. 9, no. 12, pp. 1109-1113.

18. Stepanova M. P. [et al.]. Nanostrukturnye portlandito-alyumosilikatnye kontaktno-kondensatsionnye sistemy tverdeniya i kompozity na ikh osnove [Nanostructured Portlandite-aluminosilicate contact-condensation hardening systems and composites based on them]. *Vestnik MGSU = Vestnik MGSU*, 2013, no. 2, pp. 114-122 (In Russ.).

19. Usoltsev I.A., Zhdanov N.V., Ovcharenko G.I. Razrabotka tekhnologicheskoi linii dlya proizvodstva giperpressovannogo kirpicha na izvestnyakovom otseve [Development of

a technological line for the production of hyper-pressed brick on limestone screenings]. *Polzunovskii al'manakh* = *Polzunovsky Almanac*, 2018, no. 2, pp.197-200 (In Russ.).

20. Saprygina Yu.V., Potkhin A.A., Tyszkiewicz A.V., Andreev E.A. [Brick by technology of hyperpressure]. *Materialy mezhdunarodnoi nuchno-prakticheskoi konferencii "Sovremennyi vzlyad na izuchenie aktual'nykh problem"* [Materials of international scientific and practical conference. "A modern look at the study of urgent problems"]. Astrakhan, 2017, pp. 36-39 (In Russ.).

---

### Информация об авторах / Information about the Authors

**Степанова Мария Петровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: max035@ya.ru

**Maria P. Stepanova**, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: max035@ya.ru

**Сотникова Ольга Анатольевна**, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой проектирования зданий и сооружений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: hundred@vgasu.vrn.ru

**Olga A. Sotnikova**, Dr. of Sci. (Engineering), Professor, The Head of Department of Desing of Buildings and Structures, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: hundred@vgasu.vrn.ru