

у конструкций, эксплуатируемых длительный срок в зонах кислых газов и углекислотных сред);

- раствор нейтрального красного дает возможность расширить применение метода фенолфталеиновой пробы для определения зон бетона с  $\text{pH} < 8$  (окрашивание заметное); ситуация с улучшением эргономики метода для полевых обследований аналогична раствору универсального индикатора [1];

- установлено, что использование ализарина в дополнение к раствору фенолфталеина является затруднительным, поскольку раствор индикатора имеет слишком тусклое сиреневое окрашивание, вследствие чего определение зон сильнощелочного бетона является неточным (окраска фенолфталеина перекрывает окраску ализарина, из-за этого границы применения метода не увеличиваются).

#### Список литературы

1. Гоглев И.Н. Новый индикаторный метод определения зон карбонизации в бетонных и железобетонных конструкциях / И. Н. Гоглев, С. А. Логинова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2022. – № 8. – С. 8–16.
2. Васильев А. А. Об оценке карбонизации железобетонных конструкций / А. А. Васильев // Вестник Белгородского государственного университета транспорта: наука и транспорт. – 2005. – № 1 (10). – С. 37–41.
3. Румянцева В. Е. Применение полевых и лабораторных методов определения карбонизации, хлоридной и сульфатной коррозии при обследовании строительных конструкций зданий и сооружений / В. Е. Румянцева, И. Н. Гоглев, С. А. Логинова // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – № 15 (67). – С. 51–58.
4. Леонович С. Н. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкции при карбонизации / С. Н. Леонович, О. Ю. Чернякевич // Строительные материалы. – 2013. – № 1. – С. 28–31.
5. Шалый Е. Е. Железобетон при воздействии / Е. Е. Шалый, Л. В. Ким, С. Н. Леонович // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2018. – № 6. – С. 5–14.
6. Васильев А. А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.
7. Пастухов Ю. В. Контроль коррозии при эксплуатации зданий и сооружений в особых условиях / Ю. В. Пастухов, О. П. Сидельникова // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. – 2007. – № 7 (26). – С. 42–43.
8. Москвичева А. В. Разработка мероприятий по снижению коррозии оборудования водохозяйственного комплекса / А. В. Москвичева, Е. В. Федулова, А. Ю. Гильгенберг, О. В. Коновалов, Г. Л. Гиззатова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4 (38). – С. 36–40.
9. Васильев А. А. Исследование механизма и кинетики карбонизации железобетонных конструкций / А. А. Васильев // Строительная наука и техника. – 2006. – № 1 (4). – С. 52–57.
10. Староконь И. В. Применение тепловых методов контроля для оценки уровня опасности коррозионных дефектов морских стационарных платформ / И. В. Староконь // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 2 (32). – С. 120–123.
11. Долломанюк Р. Ю. Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций с помощью вероятностного расчета глубины и скорости карбонизации / Р. Ю. Долломанюк, К. В. Махаев // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – № 1 (18). – С. 132–135.

© И. Н. Гоглев, С. А. Логинова

#### Ссылка для цитирования:

Гоглев И. Н., Логинова С. А. Испытание альтернативных растворов индикаторов для определения нейтрального слоя бетона в полевых условиях // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 33–37.

УДК 624.154  
DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-37-41

## СПОСОБ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ГРАНУЛЯЦИИ СЕРОЦЕМЕНТА

*Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов*

**Купчикова Наталья Викторовна**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью, проректор по научной работе и международной деятельности, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: kupchikova79@mail.ru;

**Шаяхмедов Растам Ирфагильевич**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (917) 091-53-34; e-mail: rastams@mail.ru

Цель исследования – создание безопасного способа грануляции серого цемента, не сопровождаемого избыточной влажностью получаемых гранул. Задачи исследования: достичь равномерного распределения



охлаждающей воды по поверхности падающих капель расплава и полного ее испарения; обойтись в процессе грануляции без противотока воздуха и грануляционной башни; совместить процесс окончательного застывания и охлаждения гранул с процессом их погрузки и транспортировки. Научная новизна – гипотеза о принципиальной возможности существования упомянутого способа грануляции рассматривается и проверяется впервые. Актуальность – поиск способа свободного от недостатков водной и воздушной грануляции. Методология исследования – методы и приемы инновационного консалтинга. Вывод: предлагаемый способ обеспечивает решение всех трех поставленных задач. Достигнутые результаты: равномерное распределение охлаждающей воды обеспечивается с помощью электростатического поля; точное предварительное дозирование охлаждающей воды позволяет обойтись в процессе грануляции без противотока воздуха и грануляционной башни; благодаря восходящему серному потоку одновременно происходит процесс окончательного застывания и охлаждения гранул с процессом их погрузки и транспортировки.

**Ключевые слова:** сероцемент, грануляция, пожароопасность, взрывоопасность, повышенная влажность гранул, электростатическая грануляция.

## METHOD OF ELECTROSTATIC GRANULATION OF SULFUR CEMENT

*N. V. Kupchikova, R. I. Shayakhmedov*

**Kupchikova Natalya Viktorovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Expertise, Operation and Management of Real Estate, Vice-Rector for Research and International Affairs, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: kupchikova79@mail.ru;

**Shayakhmedov Rastam Irfagilevich**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Expertise, Operation and Management of Real Estate, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, tel.: + 7 (917) 091-53-34; e-mail: rastams@mail.ru

The purpose of the study – to create a safe method of granulation of sulfur cement not accompanied by excessive moisture of the resulting granules. Research objectives: achieve uniform distribution of cooling water over the surface of the melting droplets and its complete evaporation; to dispense with the counterflow of air and the granulation tower during the granulation process; combine the process of final solidification and cooling of granules with the process of their loading and transportation. Scientific novelty – the hypothesis about the fundamental possibility of the existence of the above-mentioned granulation method is considered and tested for the first time. Relevance – the search for a method free from the disadvantages of water and air granulation. Research methodology – methods and techniques of innovative consulting. Conclusion: the proposed method provides a solution to all three tasks. Achieved results: uniform distribution of cooling water is provided by means of an electrostatic field; precise pre-dosing of cooling water makes it possible to dispense with the counterflow of air and the granulation tower during the granulation process; the ascending sulfur stream allows you to combine the process of final solidification and cooling of granules with the process of their loading and transportation.

**Keywords:** sulfur cement, granulation, fire hazard, explosion hazard, increased humidity of granules, electrostatic granulation.

Применение серополимерного вяжущего, в отличие от обычного цементного, позволяет многократно:

- рециклировать бетон и кардинально снизить общее количество отходов строительства;
- сократить энергопотребление, заменив получение цемента в цементных печах утилизацией тепла жидкой элементарной серы;
- уменьшить загрязнение окружающей природной среды, вместо грязного обжигового производства утилизация попутной элементарной серы отхода получаемого при очистке добываемого природного газа и нефти.

В настоящее время преимущественно применяются два способа грануляции [1] сополимерного сероцемента (СЦ) как производного элементарной серы: воздушный и водный. Каждый из этих способов имеет свои существенные недостатки.

При воздушном способе, вследствие навешенного воздушным противотоком статического электричества, возможна повышенная пожароопасность и взрывоопасность. При водяном способе, вследствие контакта с большим

количеством воды, – избыточная влажность получаемых гранул.

*Цель исследования* – создание безопасного способа грануляции СЦ, не сопровождаемого избыточной влажностью получаемых гранул.

Достижению этой цели мешают определенные проблемы, которые и сформировали задачи исследования.

*Задачи исследования:*

- равномерно распределить охлаждающую воду на поверхности падающих капель расплава и полное ее испарение;
- обойтись в процессе грануляции без противотока воздуха и грануляционной башни;
- совместить процесс окончательного застывания и охлаждения гранул с процессом их погрузки и транспортировки.

*Решение*

Недостаток воздушного способа заключается в образовании большого количества паров серы и серной пыли (СЦ более чем на 90 % состоит из элементарной серы). При этом возникает опасность взрыва и пожара [2] от статического электричества [3], получающегося при трении воздушного

потока о поверхность застывающих гранул. Данный недостаток преодолевается использованием воды для увлажнения поверхности падающих гранул [4] с помощью распыляющих влагу форсунок, расположенных внутри грануляционной башни (ГБ) вокруг потока падающих капель по всей высоте их падения.

У такого способа имеются следующие недостатки:

- неравномерное увлажнение гранул в зависимости от траектории их падения относительно периферии потока (чем ближе к периферии, то есть к форсункам, тем выше степень увлажнения);
- неравномерное охлаждение каждой гранулы (вода чаще попадает на сторону гранулы, обращенной к форсункам).

Это приводит к необходимости доувлажнения гранул в нижней части ГБ и в конечном итоге к их переувлажнению. Недостаток может быть преодолен с помощью приемов инновационного консалтинга [5–6]: «вред в пользу», «замена вещества полем» и «тонких пленок», когда, например, отрицательно заряженные частицы жидкого хладагента (ЖХА) переносятся электростатическим полем ко всей положительно заряженной поверхности капель жидкого СЦ. При этом не может остаться неиспользованной и неувлажненной ни одна частица ЖХА, гранула и ни один участок поверхности каждой гранулы. Это дает возможность строго дозировать количество ЖХА с тем, чтобы тепла кристаллизации твердеющих капель было достаточно для испарения всего ЖХА. При этом отпадает необходимость в использовании воздушного потока для съема этого тепла и грануляционной башне.

При этом достаточно будет добиться отверждения только поверхности гранул, с образованием слоя твердого СЦ толщиной, достаточной для обеспечения механической прочности. Это дает возможность использовать для полного застывания и охлаждения гранул процесс их погрузки и транспортировки.

Итак, основной гипотезой нашего исследования будет принципиальная возможность существования электростатического способа грануляции. Анализ научной литературы и патентные исследования показали, что подобная проблема рассматривается впервые.

Поставленная цель достигается тем, что подаваемые на грануляцию расплав СЦ и ЖХА заряжаются разноименными электрическими зарядами. СЦ подается на грануляцию в количестве, достаточном для загрузки транспортного средства (например, железнодорожного вагона), а ЖХА – в количестве необходимом для отверждения поверхности гранул и достаточном для его полного испарения.

Таким образом, способ ЭСГ состоит из следующих операций:

- накопления расплава СЦ в количестве необходимом и достаточном для заполнения транспортного средства гранулированным СЦ;
- -накопления ЖХА в количестве, необходимом для отверждения поверхности гранул и достаточном для его полного испарения;
- зарядки расплава СЦ и ЖХА разноименными зарядами;
- подачи жидкого СЦ и ЖХА на грануляцию;
- грануляции СЦ электростатическом поле с одновременной загрузкой гранулированного СЦ в приемный бункер или транспортное средство.

Способ электростатической грануляции (ЭСГ) СЦ поясняется чертежом на рисунке 1. Жидкий СЦ подается по обогреваемому продуктопроводу (1) на гранулятор (2), который представляет собой длинный цилиндр (дается в разрезе) с многочисленными отверстиями (3), расположенными в линию по образующей цилиндра. Все отверстия ориентируются таким образом, чтобы выходящие из них тонкие струи СЦ (4) были направлены вверх и вбок и описывали в воздухе баллистическую кривую. Параметры кривой регулируются давлением СЦ в грануляторе. К гранулятору (2) присоединяется положительный полюс источника постоянного тока высокого напряжения (5). При этом выходящий из гранулятора СЦ (4) приобретает положительный заряд и быстрее распадается на капли за счет отталкивания одноименных зарядов. Над высшей точкой баллистической кривой СЦ размещается патрубок для подачи конденсата (6) воды или насыщенного пара. Патрубок представляет собой длинный тонкий цилиндр (дается в разрезе), расположенный параллельно гранулятору СЦ, с многочисленными отверстиями (7). Они выстраиваются в линию по образующей цилиндра. Все отверстия ориентируются таким образом, чтобы выходящие из них тонкие струи конденсата или насыщенного пара (8) были направлены вниз на пролетающие мимо капли жидкого СЦ (4).

К патрубку (6) присоединяется отрицательный полюс источника тока высокого напряжения (5). При этом выходящие из патрубка частицы (8) конденсата или насыщенного пара (диэлектрик) приобретают отрицательный заряд и стремятся вниз к положительно заряженным каплям СЦ (4), обвалкивают их тонкой охлаждающей пленкой. Оба заряда взаимно погашаются, конденсат (насыщенный пар) (8), отнимая тепло кристаллизации у СЦ, превращается в пар (перегретый пар) (9), а жидкий СЦ (4) в твердый (10).

Гранулы твердого СЦ (10) заканчивают свой полет в приемном бункере (11), а пар (перегретый пар) (9) поднимается в пароприемник (12), расположенный над приемным бункером. При накоплении транзитной нормы из приемного бункера гранулированный СЦ загружается в транспортное средство (13), установка ЭСГ отключается.

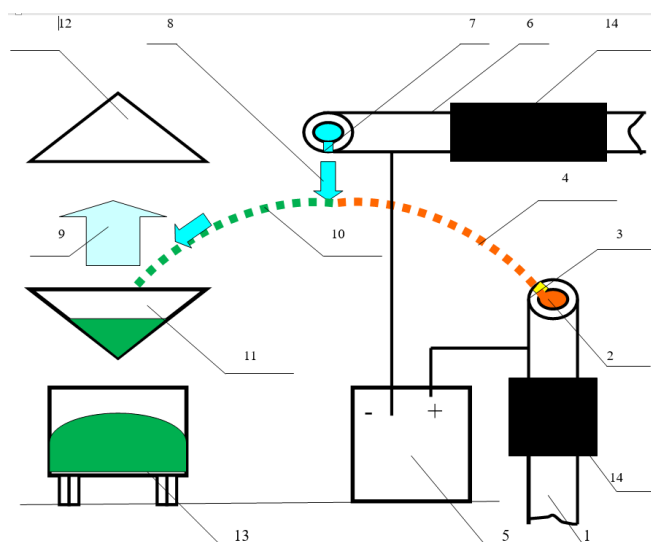


Рис. 1. Способ электрической грануляции

Для того чтобы высокое напряжение не передавалось на другие технологические линии, в паропроводе (конденсатопроводе) и сероцементопроводе делаются непроводящие вставки (14), а сам процесс ЭСГ проходит внутри клетки Фарадея (рис. 2, где для большей наглядности установка ЭСГ изображена без передней стенки).

Конденсат может поставляться из линий сбора конденсата или со станции охлаждения. Насыщенный пар может получаться с помощью эжекторной машины из имеющегося на предприятии пара низкого давления.

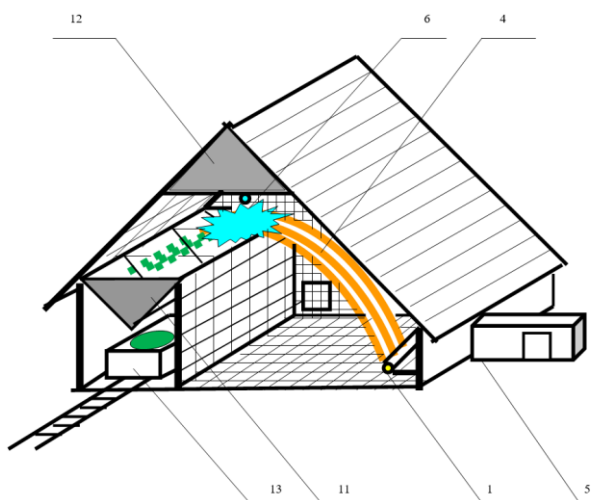


Рис. 2. Установка электростатической грануляции

При таком способе грануляции практически весь ЖХА расходуется адресно и гранулы получают полностью сухими за короткий промежуток времени. Это позволяет обойтись без противотока воздуха и ГБ. При этом гранулы получают не из падающих капель, а из восходящего серного потока, что позволяет совместить процесс получения гранул и процесс их загрузки.

Итак, ЭСГ СЦ позволяет:

- гарантированно получать сухие гранулы СЦ;
- обойтись без противотока воздуха и ГБ;
- совместить процесс окончательного застывания и охлаждения гранул с процессом их погрузки и транспортировки.

**Вывод:** предлагаемый способ обеспечивает решение всех трех поставленных задач.

#### Список литературы

1. Журавлев А. П. Производство серного битума и серного цемента / А. П. Журавлев, Р. И. Шаяхмедов // Газификация. Подготовка, переработка и использование газа. – 2000. – № 8–9. – С. 24–37.
2. Патент № 998329 Российская Федерация, МПК С01В 17/02. Способ получения серы, свободной от электростатических зарядов : 3298705/26 ; заявл. 04.05.1981 ; опубл. : 23.02.1983 / Л. П. Бондарь, Г. И. Бролинский и др. – Бюл. № 7. – 2 с.
3. Сера // Chem.ru. – Режим доступа: <https://chem.ru/sera.html>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.



4. Патент № 2177825 Российская Федерация, МПК В01J 2/02, С01В 17/02. Установка для получения гранулированной серы : № 2000119417/12 ; заявл. 20.07.2000 ; опубл. 10.01.2002 / В. М. Афанасьев. – Бюл. № 1. – 6 с.
5. Шаяхмедов Р. И. Инновационный консалтинг в привитии студентам первичных навыков научно-исследовательской деятельности / Р. И. Шаяхмедов // Перспективы развития строительного комплекса : материалы XII Международной научно-практической конференции. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. – С. 130–138.
6. Купчикова Н. В. Экспериментальные исследования с ложными ограничениями при разработке способа возведения инъекционной сваи / Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 3. – С. 58–62.

© Н. В. Купчикова, Р. И. Шаяхмедов

**Ссылка для цитирования:**

Купчикова Н. В., Шаяхмедов Р. И. Способ электростатической грануляции сероцемента // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 38–41.

УДК 624.011.14:624.078.41:624.046  
DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-41-47

**ПРОЧНОСТЬ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КУПолоВ ПОКРЫТИЯ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ**

*Д. А. Животов, Ю. И. Тилинин*

**Животов Дмитрий Андреевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: d.zhivotov@mail.ru;

**Тилинин Юрий Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: tilsp@inbox.ru

Функцию несущих элементов ферм и геодезических куполов покрытий зданий выполняет деревянный клееный брус в сочетании с различными конструктивными решениями узлов сопряжения. В статье представлены результаты экспериментального разрушения узлов сопряжения клееного бруса в целях совершенствования проектных решений рассматриваемых деревянных покрытий. Клееный из однонаправленного шпона брус в статье сокращенно называется LVL (Laminated Veneer Lumber). Исследования базируются на теоретических положениях науки о древесине. В исследовании использован аналитический, экспериментальный методы и статистический метод обработки результатов испытаний. На основании экспериментальных исследований авторами предложена методика определения расчетной несущей способности нагелей на один шов сплачивания (условный срез) для соединений элементов из LVL с фасонками из ДСП-В. Получены новые значения коэффициентов учета податливости связей в узлах и соединениях в составных элементах из LVL, которые позволяют оперативно подобрать сечения несущих стержневых элементов плоских балочных ферм.

**Ключевые слова:** строительство, здания, плоские деревянные фермы, клееный брус, новые узловые соединения, лабораторные испытания, узел, сопряжение деревянных элементов, несущая способность, нагель, геодезический купол, запатентованные стеклопластиковые узловые соединения.

**STRENGTH OF JOINTS WOODEN ELEMENTS OF ROOF FARMS AND GEODESIC DOME COVERINGS RECONSTRUCTION OF HISTORICAL BUILDINGS**

*D. A. Zhivotov, Yu. I. Tilinin*

**Zhivotov Dmitriy Andreyevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Production Technology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: d.zhivotov@mail.ru;

**Tilinin Yuriy Ivanovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Production Technology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: tilsp@inbox.ru

The function of load-bearing elements of trusses and geodesic domes of building coverings is performed by glued wooden beams in combination with various design solutions of interface nodes. The article presents the results of the experimental destruction of glued laminated timber junctions in order to improve the design solutions of the considered wooden coatings. Laminated veneer lumber is abbreviated as LVL (Laminated Veneer Lumber) in the article. The research is based on the theoretical principles of wood science. The study used analytical, experimental methods and a statistical method for processing test results. Results. On the basis of experimental studies, the author proposes a method for determining the design bearing capacity of pins per one fusion seam (conditional cut) for connecting