

Вывод. Таким образом, сформирован подход к созданию системы диагностики и оценки остаточного ресурса электромеханического оборудования с применением технологии цифрового двойника. Приведенный комплекс решает проблемы ТОиР в горнодобывающей и нефтегазовой отраслях, а также отвечает требованиям концепции «Индустрия 4.0». На сегодняшний день реализация технологии цифрового двойника возможна с помощью программных комплексов семейства ANSYS, что становится вектором практического развития исследования.

Список использованных источников

1. Жуковский Ю.Л., Котелева Н.И. Управление программой технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования на основе интегрированной информационно-аналитической системы. // Промышленная энергетика. – 2017. – № 7. – С. 14-20.
2. Жуковский Ю.Л., Королёв Н.А., Бабанова И.С. Оценка технического состояния и остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем. // Горное оборудование и электромеханика. – М. – 2017. – № 6 (133). – С. 20-25.
3. Козярук А. Е., Жуковский Ю. Л. Система обслуживания электромеханического оборудования машин и механизмов по фактическому состоянию // Горное оборудование и электромеханика. – М. – 2014. – № 10. – С. 8-14.
4. Федеральная служба государственной статистики / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
5. Козярук А.Е. Энергоэффективные электромеханические комплексы горнодобывающих и транспортных машин. // Записки Горного института. – СПб. – 2015. – № 218. – С. 261-269.
6. Манчулов Е.М. Современные системы технического обслуживания и ремонта машин и оборудования для горнодобывающей отрасли. // Научно-информационный издательский центр «Недра-XXI». – М. – 2013. – № 2. – С. 44-48.
7. Индустриальное IoT решение для диагностики и прогноза состояния промышленного оборудования / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://prana-system.ru/>
8. Zhukovskiy, Y., Koteleva, N. Automated system for definition of life-cycle resources of electromechanical equipment. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – №177 (1).
9. Зорина С.В. Заоблачные дали: цифровой нефтеперерабатывающий завод будущего. – Сибирская нефть. 2016. № 6/133. – С. 10-16.
10. Цифровой двойник: недостающее звено [Электронный ресурс] – Материалы конференции «Внедрение Интернета вещей как производственной практики современного предприятия».

УДК 6293.542.5

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИСТИРОЛБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА

Васенков Е.В., Молодин В.В.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Введение. Актуальной проблемой применения полистиролбетона является неравномерность распределения гранул заполнителя – полистирола вспененного гранулированного (ПВГ). Это происходит вследствие флотации ранее вспененных гранул в процессе перемешивания и при виброобработке. Поверхность представляет собой склеенные цементом гранулы пенополистирола. Это приводит к неоднородности материала по прочности и теплопроводности. Неоднократно предпринимались попытки достичь однородности распределения пенополистирольных гранул по массе растворной составляющей [1,2,3], однако введение различных комплексных добавок и повышение жесткости смеси снижало технологические свойства исходного материала, вызывая увеличение трудоёмкости, стоимости и продолжительности производственного процесса.

На основе технологии предварительного разогрева бетонной смеси [4] предложена одностадийная технология изготовления пенополистирольных изделий и конструкций. Суть способа заключается в том, что гранулированный (бисерный), невспененный полистирол, имеющий плотность 1050 кг/м³, при перемешивании с растворной составляющей, имеющей

тот же порядок плотности - $1800 \div 1900 \text{ кг/м}^3$, равномерно распределяется по объёму смеси. При прохождении электрического тока между погруженными в смесь электродами происходит её быстрый и равномерный нагрев. По достижении температуры $95-105 \text{ }^\circ\text{C}$ гранулы бисерного полистирола вспениваются, увеличиваясь в объёме, и формируют однородные по плотности, прочности и показателям теплопроводности конструкции или изделия с гарантированной точностью геометрических размеров.

Предложенная технология одностадийного полистиролбетона предполагает использование бисерного полистирола, который получают в результате суспензионной полимеризации мономера стирола в водной среде. Данная технология обеспечивает искомые свойства материала: равномерную плотность, теплопроводность и геометрические размеры.

Методика проведения эксперимента. В лаборатории кафедры технологии и организации строительства НГАСУ (Сибстрин) были проведены серии пробных испытаний предложенной и традиционной технологий. С этой целью были спроектированы и изготовлены две полупромышленные установки для приготовления полистиролбетонных блоков по одностадийной технологии. Ввиду технологических преимуществ была принята форма с размерами в плане $200 \times 100 \text{ мм}$ (рис. 1).

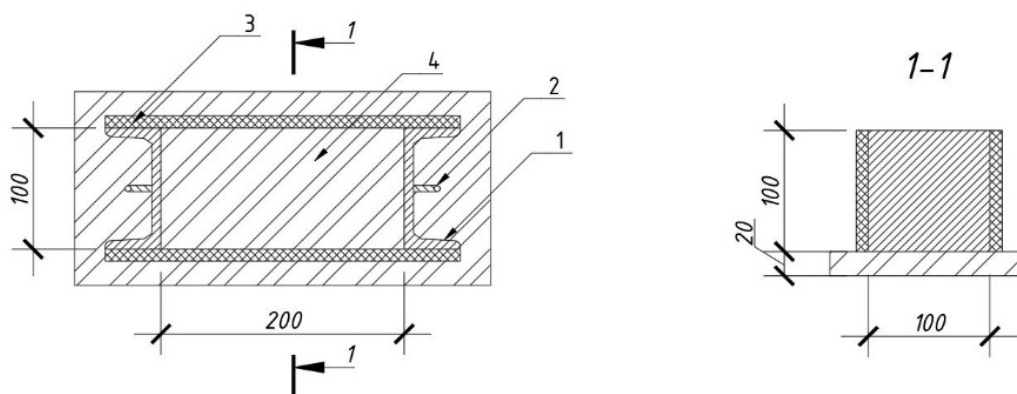


Рисунок 1 – Полупромышленная установка для изготовления полистиролбетонных блоков по одностадийной технологии: 1 – электроды (швеллеры 10У), 2 – токосъемники, 3 – текстолит 10 мм, 4 – текстолит 20 мм

Экспериментально было подобрано оптимальное напряжение и время прогрева образцов. От прогрева напряжением 380В было принято решение отказаться ввиду резкого подъема силы тока, а также прохождения тока через паровоздушную среду, что вызывало угрозу производству работ. От прогрева напряжениями ниже 220В также отказались, ввиду низкой скорости подъема температуры и недостаточного вспенивания гранул ПНГ. Также экспериментально были подобраны оптимальные пропорции бисерного полистирола, поскольку в нормативной литературе нет рекомендаций по применению ПНГ.

Между электродами укладывали исходную смесь с бисерным полистиролом в качестве заполнителя и формы закрывались крышкой. Сразу, после укладки смеси и ее уплотнения штыкованием, на электроды подавался электрический ток промышленной частоты. Электродоразогрев смеси продолжался 10÷12 минут. За это время исходная смесь нагревалась и бисерный полистирол вспучивался. Были составлены графики зависимости подъема силы тока и температуры. В начальный момент времени температура раствора составляет 20°C . По ходу эксперимента температура смеси повышается пропорционально подъему силы тока, при постоянном напряжении 220В. Через 2 минуты температура была равна 28°C и начала выделяться вода. Через 4-5 минут при $t=75^\circ\text{C}$ интенсивность выделения воды повышается до перехода в паровоздушную смесь с выделением пузырьков. Начинается кипение воды. На 6 минуте обнаружилось, что при данном напряжении ток не растет. Можно заметить, что максимальное значение температуры наблюдалось на 6-7 минуте в центре образцов и составляло

около 100°C. По характеру удаления воды из формы, был сделан вывод, что вода перемещается от центра образца к граням, являющимися электродами, а затем вдоль них во все стороны. Оплавления вспученного полистирола не происходило, так как влажность цементного теста остается достаточной.

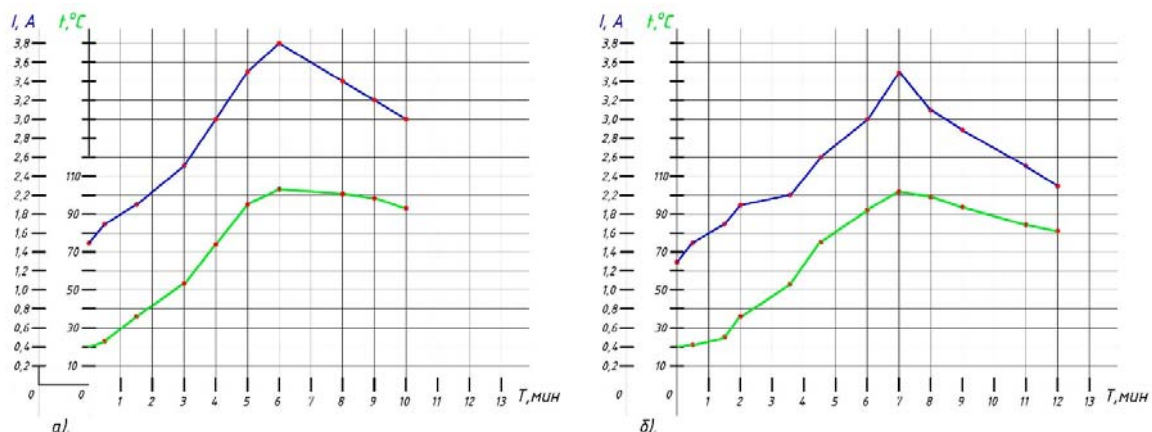


Рисунок 2 – Графики зависимости силы тока и температуры от времени при прогреве током 220 В составов с различным содержанием ПНГ: а) 17,5 кг/м³ ПНГ; б) 22,5 кг/м³ ПНГ

Обсуждение результатов эксперимента. После выдерживания в течении 24 часов при температуре +20°C, образцы вынимались из формы.



Рисунок 3 – Образец после прогрева 380 В

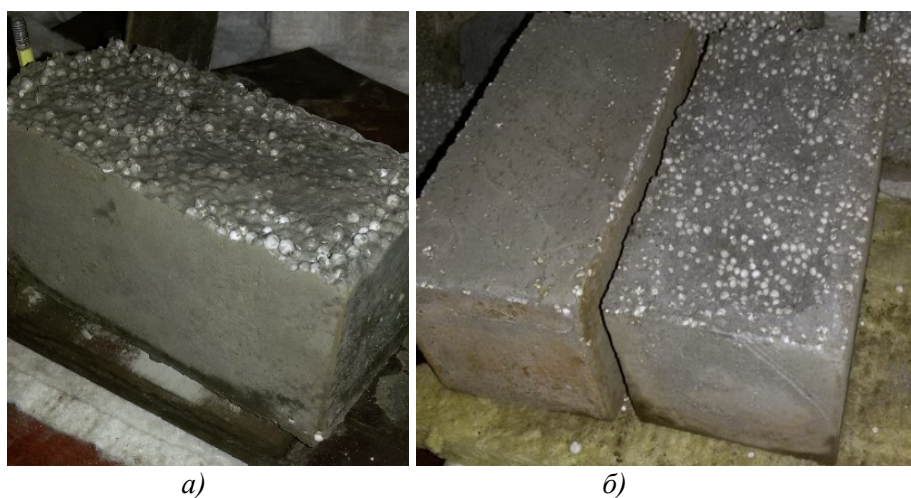


Рисунок 4 – Полученные образцы полистиролбетонных блоков: а) традиционная технология; б) одностадийная технология.

Пылесосом с поверхностей разреза удалялась пыль и производилась послойная оценка равномерности распределения полистирольных гранул. Оценка выполнялась визуально и при помощи блескомера ФБ-2 по белизне поверхности сравнительным способом.

Исследования однородности с использованием блескомера показали, что степень черноты вертикальных срезов образцов, изготовленных по одностадийной технологии соответствует требованиям строительства. У образцов, выполненных по стандартной технологии даже визуально можно заметить седиментацию растворной части и флотацию гранул, что удалось избежать при введении ПНГ из-за самоуплотнения гранул полистирола в закрытой форме.

Решение проблемы. Результаты экспериментального исследования позволили доказать положительное влияние применения бисерного полистирола и электроразогрева.

В существующей на сегодняшний день производственной практике известен альтернативный и неэффективный способ изготовления полистиролбетонных изделий. Это традиционный метод, заключающийся в предварительном перемешивании гранулированного полистирола с органической добавкой (смола древесная) с последующим смешением с цементом и водой. Недостатками вышеизложенного метода производства полистиролбетонных изделий являются: низкая производительность, высокая трудоемкость, негарантированность точности геометрических параметров изделий, отсутствие полной экологической защиты и утилизации отходов производства.

В отличие от стандартной технологии, разработанное решение позволяет полностью решить проблему флотации гранул вспененного полистирола. Это позволяет формировать однородные по плотности, прочности и показателям теплопроводности конструкции. Преимуществом является возможность получать конструкции с качественными геометрическими характеристиками за счет самоуплотнения раствора в закрытых формах.

Потенциальными потребителями являются строительные компании и частные застройщики. Ежегодный объём рынка конструкционно-теплоизоляционных материалов РФ 49,5 млн м³. Распространение будет проходить в виде технологических регламентов и полупроизводственных установок для производства полистиролбетонных блоков различной прочности и теплопроводности. Стоит отметить, что на данное технологическое решение была подана заявка на патент (рег. №2018113361 от 12.04.2018).

Выводы. Результаты экспериментального исследования позволили доказать положительное влияние применения бисерного полистирола и электроразогрева.

Разработанное техническое решение позволяет получать конструкционно-теплоизоляционные материалы с возможностью изменения их свойств и с возможностью их изготовления на площадке строительства в отличие от стандартного решения.

Список использованных источников

1. Пат. 2230717Российская Федерация, МПК С04В 38/08 С04В 38/10. Конструкционно-теплоизоляционный экологически чистый полистиролбетон, способ изготовления из него изделий и способ возведения из них теплоэффективных ограждающих конструкций зданий по системе «ЮНИКОН» / В.А. Рахманов, В.Г. Довжик, В.И. Мелихов, А.И. Козловский, Г.Я. Амханицкий, Ю.В. Росляк, А.И. Воронин, С.К. Казарин, В.В. Карпенко; заявитель и патентообладатель ОАО Технологический институт «ВНИИЖелезобетон» – №2002129773/03; заявл. 10.11.2002; опубл. 20.06.2004, Бюл. №17.

2. Пат. 2090532 Российская Федерация, МПК С04В 28/04 С04В 28/04 С04В 24/04 С04В 16/08. Способ приготовления полистиролбетонной смеси / А.И. Козловский, В.А. Рахманов, Д.Ф. Толорая, В.Н. Россовский, Р.А. Козловский; заявитель и патентообладатель Всероссийский федеральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский технологический институт строительной индустрии «ВНИИЖелезобетон» – №93050896/04; заявл. 11.11.1993; опубл. 20.09.1997.

3. Пат. 2103241 Российская Федерация, МПК С04В 38/08 Е04С 1/40. Способ приготовления полистиролбетонной смеси / В.С. Вольфовский, А.В. Вольфовский, Ю.А. Иванов; заявитель и патентообладатель Вольфовский Виталий Семенович – №96116358/03; заявл. 08.08.1996; опубл. 27.01.1998.

4. Красновский, Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования в 2 ч.: учебное пособие для вузов / Б. М. Красновский. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 231 с.