

## **ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА НА КВАРЦЕЦЕМЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ**

**Кузнецова Ирина Николаевна**

*кандидат технических наук, доцент,  
доцент Высшей инженеринговой школы  
Института нефти и газа,*

*ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»*

*Ханты-Мансийск, Россия*

*E-mail: inkuznecova@mail.ru*

*ORCID: 0000-0002-4907-2369*

**Курбанова Разият Багаудтиновна**

*аспирант Высшей инженеринговой школы  
Института нефти и газа,*

*ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»*

*Ханты-Мансийск, Россия*

*E-mail: kurbanovarb@yandex.ru*

*ORCID: 0000- 0002-0363-2850*

*Предмет исследования: в статье рассмотрен пенобетон на кварцецементном вяжущем, массовое внедрение кварцевого сырья в строительство можно считать практически достижимым и экономически выгодным.*

*Цель исследования: предложить технологию пенобетона на кварцецементном вяжущем – путем введения в состав вяжущего ультрадисперсного наполнителя (наномодификатора) из активированных отходов кварца позволит снизить расход цемента на 10 % и улучшить его физико-механические показатели.*

*Методы и объекты исследования: наномодификатор получен при механической и механогидравлической активациях, предложенные технологии активации наполнителя позволят улучшить структуру цементного камня формирующие порообразующие перегородки пенобетона за счет повышения плотности упаковки и химической активности наноразмерных частиц в процессах фазообразования гидратных соединений.*

*Результаты исследования: предложенная технология теплоизоляционного пенобетона на кварцецементном вяжущем позволяет создать структуру пор диаметром от 52 мкм при плотности пенобетонных образцов 500 кг/м<sup>3</sup> и общей пористости 65–75 %, а также позволит увеличить прочностные характеристики пенобетона до 7,7–13,8 % за счет дискретного армирования кварцевыми отходами (наномодификатором) порообразующих перегородок.*

*Ключевые слова: кварц, кварцецементное вяжущее, цементный камень, наночастица, наномодификатор, пенобетон.*

## **BASIC PROPERTIES OF FOAMCONCRETE ON QUARTZCEMENT BINDER**

**Irina N. Kuznetsova**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Higher School of Engineering*

*Institute of Oil and Gas,*

*Yugra State University*

*Khanty-Mansiysk, Russia*

*E-mail: inkuznecova@mail.ru*

**Raziyat B. Kurbanova**

Graduate Student of the Higher School of Engineering  
Institute of Oil and Gas,  
Yugra State University  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: kurbanovarb@yandex.ru

*Subject of research: the article considers foamconcrete on quartz cement binder, the mass introduction of quartz raw materials in construction can be considered practically achievable and economically profitable.*

*Purpose of research: the technology of foam concrete on quartz-cement binder is proposed – by introducing an ultrafine filler (nanomodifier) from activated quartz waste into the binder, reduces cement consumption by 10 % and improves its physical and mechanical properties.*

*Methods and objects of research: the nanomodifier was obtained with mechanical and mecano-hydraulic activation, the proposed filler activation technologies will improve the structure of cement stone forming foamconcrete pore-forming partitions by increasing the packing density and chemical activity of nanoscale particles in the processes of hydrate compounds phase formation.*

*Main results of research: the proposed technology of heat-insulating foamconcrete on quartzcement binder allows you to create a pore structure with a diameter of 52 microns at a density of 500 kg/m<sup>3</sup> foamconcrete samples and a total porosity of 65–75 %, and will also increase the strength characteristics of foamconcrete to 7.7–13.8 % due to discrete reinforcement with quartz waste (nanomodifier) of pore-forming partitions.*

*Keywords: quartz, quartzcement binder, cement stone, nanoparticle, nanomodifier, foamconcrete.*

---

## Введение

В работах [2–5] рассмотрены макроструктура и микроструктура цементного камня, а также пенобетона в целом. Пенобетон на кварцецементном вяжущем представляет собой сплошную среду твердого материала из цементного камня формирующего порообразующие перегородки с равномерно распределенными порами и является основным компонентом пенобетона, определяющим его свойства и долговечность. Использование кварцевых отходов как ультрадисперсного наполнителя (наномодификатора) в структуре порообразующих перегородок пенобетона, повышает прочность пенобетона за счет дискретного армирования кварцевыми отходами (наномодификатором) порообразующих перегородок и снижает расход цемента. В результате химических и физико-химических взаимодействий определяется практическая ценность цемента, именно продукты твердения силикатов кальция формируют прочность цементного камня.

Формирование капиллярно-пористой структуры цементного камня формирующего порообразующие перегородки пенобетона на кварцецементном вяжущем, осуществляется в процессе сложного гидратационного взаимодействия твердой, жидкой и газообразной фаз. Прочное сцепление активированных кварцевых отходов с новообразованиями цемента является очень важным в формировании структуры цементного камня формирующего порообразующие перегородки пенобетона. Наполнитель должен обладать большой активностью химического взаимодействия с Са(ОН)<sub>2</sub> и другими продуктами гидратации клинкера, и иметь поверхность наиболее совместимую со структурой кристаллизующихся гидратов, для которых эта поверхность служит подложкой [1–4]. Стоит отметить, что с изменением размеров частиц твердых веществ, участвующих в реакции, может меняться не только скорость процесса, но и механизм твердофазной реакции.

Технология пенобетона на кварцецементном вяжущем создает однородно распределенную структуру повышенной прочности и пониженной теплопроводности пенобетона.

Методы исследования пенобетона на кварцецементном вяжущем проведены на приборе ПСХ-12 на котором определяли средний размер частиц и удельную поверхность, массу образцов определяли на весах ГОСМЕТР ВЛТЭ-150, на установке с цифровым модулем МАТЕСТ определяли предел прочности при сжатии, размеры и распределение пор в образцах проводили методом ртутной порометрии на порометре Quantachrome PoreMaster 33, а активация кварцевой смеси проводилась с помощью мельницы роторного непрерывного действия.

Наномодификатор из активированных отходов кварца получен при механической активации и механогидравлической активации. При механической активации осуществляется только механическая активация, а при механогидравлической активации осуществляется одновременно как механическая активация, так гидравлическая, турбулентная и акустическая активации. В процессах синтеза структурообразования участвует полученная от активации кварцевых отходов активная тонкомолотая пыль [4–6].

Технологическая схема пенобетона на кварцецементном вяжущем представлена на рисунке 1.

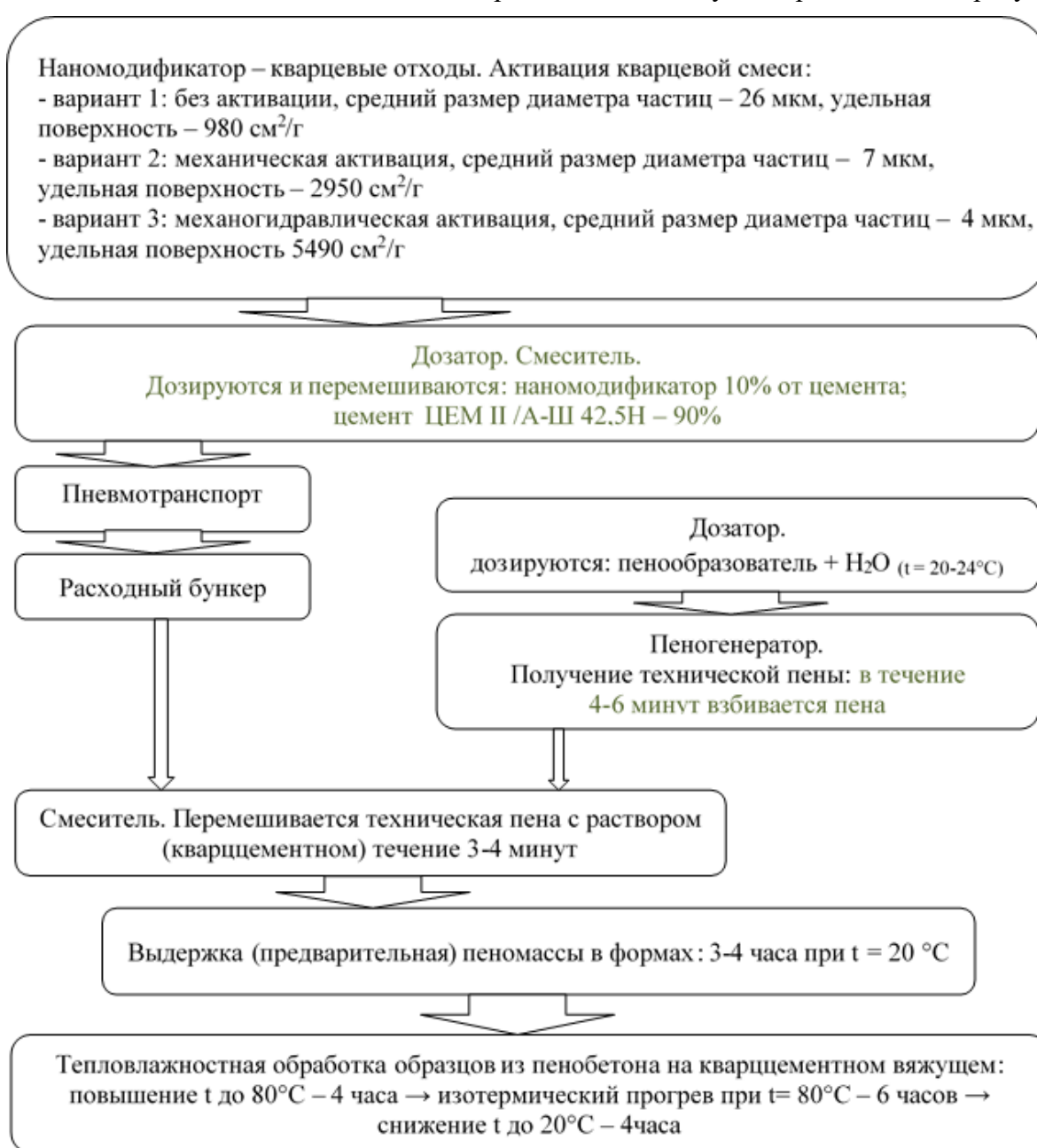


Рисунок 1 – Технологическая схема пенобетона на кварцецементном вяжущем

### Результаты и обсуждение

Предложенная технология теплоизоляционного пенобетона на кварцецементном вяжущем формирует однородно распределенную замкнутую структуру пор при этом одинаковыми по сечению порообразующими перегородками. В процессе формирования структуры порообразующих перегородок армирование осуществляется активированными отходами кварца (наномодификатором).

Влияние на свойства пенобетона на кварцецементном вяжущем оказывает объём и размер пор образцов, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние диаметра на объём пор пенобетона

| Образцы цементного камня формирующего порообразующие перегородки |                                       | Образцы пенобетона на кварцецементном вяжущем |                               |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| Средний диаметр пор, мкм                                         | Средний объём пор, см <sup>3</sup> /г | Диаметр пор, мкм                              | Объём пор, см <sup>3</sup> /г |
| 0,061                                                            | 0,04                                  | от 52 до 1                                    | 0,65-0,75                     |

Физико-технические свойства, которые являются основными для пенобетонных образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-технические свойства пенобетонных образцов на кварцецементном вяжущем

|   |                                                                             |                        |                                |
|---|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Марка бетона по средней плотности                                           |                        | D400                           |
|   | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м К) (наномодификатор – кварцевые отходы) |                        |                                |
| 2 | Без активации                                                               | Механическая активация | Механогидравлическая активация |
|   | 0,122                                                                       | 0,112                  | 0,105                          |
| 3 | Паропроницаемость образцов, кг/(м ч Па)                                     |                        | 0,18–0,2                       |
| 4 | Сорбционная влажность при относительной влажности – 75 %                    |                        | не более 7–9                   |
|   | Прочность пенобетонных образцов при сжатии, МПа                             |                        |                                |
| 5 | Без активации                                                               | Механическая активация | Механогидравлическая активация |
|   | 1,3                                                                         | 1,4                    | 1,58                           |

### Заключение и выводы

Использование кварцевых отходов с применением предложенных технологий их активации, позволит улучшить структуру цементного камня формирующего порообразующие перегородки пенобетона на кварцецементном вяжущем за счет повышения плотности упаковки и химической активности наноразмерных частиц в процессах фазообразования гидратных соединений. Использование активированных кварцевых отходов с повышенной удельной поверхностной энергией, как высокореакционного пуццолана, способствует получению более прочного и долговечного цементного камня формирующего порообразующие перегородки на кварцецементном вяжущем.

Технология пенобетона на кварцецементном вяжущем позволяет повысить однородность пенобетонной смеси, формирует однородно распределенную замкнутую структуру пор, позволяет создать структуру пор диаметром от 52 мкм при плотности пенобетонных образцов 500 кг/м<sup>3</sup> и общей пористости 65–75 %. Ведение в состав вяжущего ультрадисперсного наполнителя (наномодификатора) из активированных отходов кварца позволит снизить расход цемента до 10 %, повысить прочность пенобетона до 7,7–13,8 % при этом понизив коэффициент теплопроводности до 8–13,9 %, позволит сократить затраты при производстве кварца, и решить проблему утилизации кварцевых отходов, тем самым снизив экологическую нагрузку на окружающую среду от деятельности предприятия.

### **Литература**

1. Гусев, Б. В. Бетоны с наполнителями различной дисперсности и их наномодификация / Б. В. Гусев. – Текст : непосредственный // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Т. 10, № 4. – С. 384–393.
2. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства / под общей редакцией Б. В. Гусева. – Москва : Науч. мир, 2006. – 559 с. – Текст : непосредственный.
3. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны / В. Г. Батраков. – Москва : Стройиздат, 1998. – 395 с. – Текст : непосредственный.
4. Оценка влияния кварцевых отходов на физико-механические свойства цементного камня / А. Ф. Косач, И. Н. Кузнецова, Р. Б. Курбанова. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2020. – № 10 (742). – С. 17–26.
5. Darulis, M. A. Structure and properties of the cement stone modified by ultradispersed quartz waste / M. A. Darulis, I. N. Kuznetsova, A. F. Kosach // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – P. 012032.
6. Kuznetsova, I. N. The technology for concrete production using an activated mixture of wood procession waste and sand / I. N Kuznetsova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1093. – P. 012018