

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Ильиной Лилии Владимировны  
на диссертационную работу **Марушко Михаила Викторовича** на тему:  
**«Термовакuumированный ячеистый бетон неавтоклавного твердения»**,  
представленную к защите на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности

### **2.1.5. Строительные материалы и изделия**

На отзыв были представлены:

- диссертационная работа, состоящая из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, содержащего 175 наименований, 6 приложений; объем работы изложен на 182 страницах машинописного текста, включающего 23 таблицы, 66 рисунков;
- автореферат диссертации на 20 страницах.

Изучение и анализ представленных материалов показали следующее.

### **Актуальность диссертационной работы**

Актуальность проведенного соискателем Марушко Михаилом Викторовичем исследования обусловлена растущими требованиями строительной отрасли к энергоэффективности, экологичности и снижению себестоимости материалов. Неавтоклавный ячеистый бетон представляет значительный интерес в связи с развитием индивидуального жилищного строительства, однако его широкое применение сдерживается технологическими ограничениями, такими как неоднородность пористой структуры, недостаточная прочность и высокие показатели теплопроводности.

Особую важность представляет разработка методов управления структурой материала на стадии формирования, в частности, использование вакуумирования предварительно нагретой смеси. Совершенствование данных процессов позволяет не только повысить физико-механические характеристики материала, но и обеспечить его однородность, что особо важно для долговечности и теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций.

Значимость работы заключается в комплексном подходе к управлению процессом структурообразования за счет синергетического воздействия температуры и вакуума, а также во внедрении промышленных отходов в качестве заполнителя. Разработка технологических решений, обеспечивающих получение материала с улучшенными свойствами, и создание соответствующей нормативной документации подтверждают, что выполненная Марушко Михаилом Викторовичем диссертационная работа является, несомненно, актуальной.

Об актуальности избранной темы работы также свидетельствует выполнение исследований в рамках: Программы развития опорного университета на

базе БГТУ им. В.Г. Шухова до 2021 года, НИР А54/20; Программы развития БГТУ им. В.Г. Шухова «Приоритет 2030» на 2021-2030 гг., № Пр-10/22.

### **Общая характеристика работы**

Во **введении** автором представлено обоснование актуальности выполненной работы; показана степень ее разработанности; сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Отражены основные положения, выносимые на защиту, сведения о степени достоверности полученных результатов, приведены данные по апробации и внедрению результатов работы.

В **первой главе** представлен анализ современного состояния производства и применения неавтоклавного ячеистого бетона. Рассматриваются вопросы формирования пористой структуры материала, методы управления процессом структурообразования и пути повышения эффективности ячеистых бетонов. Особое внимание уделено анализу влияния давления внешней фазовой среды на формирование поровой структуры ячеистого бетона неавтоклавного твердения.

Во **второй главе** автором приведены методы исследования и характеристика используемых материалов. Описаны методы анализа состава, структуры и свойств сырьевых компонентов, а также подходы к оценке физико-механических характеристик термовакuumированных ячеистых бетонов неавтоклавного твердения.

В **третьей главе** представлены результаты исследования влияния вакуума и температуры на формирование пористой структуры ячеистого бетона неавтоклавного твердения. Рассмотрены процессы структурообразования цементного камня при использовании зол-уноса и влияние воздухововлекающих добавок на эксплуатационные характеристики материала.

**Четвертая глава** посвящена разработке и рационализации составов термовакuumированных ячеистых бетонов неавтоклавного твердения, исследованию их физико-механических свойств и микроструктуры. Представлены результаты математического моделирования влияния рецептурно-технологических факторов на свойства материала.

В **пятой главе** предложена технологическая схема производства изделий из термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения, проведено технико-экономическое обоснование эффективности предложенных мероприятий. Приведены результаты апробации разработок и их внедрения в производство; представлен перечень созданных нормативных документов, результаты внедрения разработок автора.

В **заключении** соискателем представлены научные положения и основные результаты, подтверждающие выдвинутую рабочую гипотезу для решения

сформулированных задач, а также приводятся рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность результатов и обоснованность выводов по работе обеспечена проведением обширного комплекса экспериментальных исследований, выполненных с применением разнообразных методик и современного сертифицированного высокотехнологичного оборудования в строгом соответствии с требованиями действующих нормативных документов и государственных стандартов Российской Федерации.

Цели и задачи, поставленные автором в диссертационной работе, сформулированы грамотно. Выводы по главам и заключение научно обоснованы, убедительны и отражают суть выполненных исследований. Автором проведен большой объем научных исследований. Определены перспективы дальнейших исследований.

Результаты работы прошли апробацию на конференциях различного уровня. Сформулированные соискателем в диссертационной работе научные положения, выводы и рекомендации в достаточной степени подтверждаются результатами большого объема экспериментальных исследований. На основании вышеизложенного степень обоснованности в аргументации научных положений, заключения и рекомендаций не вызывает сомнений.

На основании вышесказанного можно считать, что основные положения, выводы и рекомендации диссертационного исследования Марушко Михаила Викторовича обладают научной новизной, высокой степенью обоснованности и достоверности.

### **Научная новизна**

Соискателем обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее получение термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с однородной пористой структурой и улучшенными физико-механическими характеристиками за счет совместного применения температурного фактора и вакуумирования для управления кинетикой газовыделения и гидратации на стадии формирования структуры. Установлено, что величина вакуума 0,085–0,095 МПа создает условия для контролируемого роста газовых пузырьков, а рациональный температурный режим 39–43 °С обеспечивает необходимую скорость гидратации по закону Аррениуса.

Установлен характер влияния величины вакуума на процесс структурообразования ячеистого бетона, заключающийся в следующем. Изменение величины вакуума в диапазоне 0,055–0,095 МПа обеспечивает переход от кинетически

затрудненного газовыделения к равномерному росту сферических пор. При этом величина вакуума  $> 0,095$  МПа приводит к коалесценции пор и критической усадке материала, тогда как величина вакуума менее  $0,055$  МПа не позволяет преодолеть энергетический барьер для стабильного порообразования.

Разработаны принципы управления фазовым составом ячеистобетонной смеси с использованием диаграммы агрегатных состояний, описывающей последовательность стадий структурообразования. На основе закона постоянства объемного фазового состава дисперсных систем формализован процесс перехода от начального состояния системы через стадии воздухововлечения, термовакуумирования, гидратации цемента и твердения изделия, что позволяет количественно описывать изменение объемных концентраций фаз на каждом технологическом этапе.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов исследований**

Дополнены теоретические представления о процессах формирования пористой структуры неавтоклавного ячеистого бетона при комплексном воздействии температуры и вакуума.

Развиты модельные представления о динамике расширения газовых пор в вязкоупругой среде на основе уравнения Рэлея-Плессета, адаптированного для ячеистобетонной смеси, и законов постоянства объемного фазового состава дисперсных систем.

Разработаны рациональные составы термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения с использованием промышленных отходов (золы-уноса), обеспечивающие получение изделий марок по средней плотности D400–D600 с улучшенными прочностными ( $1,8$ – $4,4$  МПа) и теплоизоляционными ( $0,068$ – $0,108$  Вт/(м·°C)) характеристиками.

Предложена технологическая схема производства изделий из термовакуумированного ячеистого бетона неавтоклавного твердения, особенностью которой является вакуумирование предварительно нагретой смеси.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационного исследования, выводы и рекомендации, сформулированные автором, свидетельствуют о возможности их применения на предприятиях по производству изделий из ячеистого бетона неавтоклавного твердения.

Теоретические положения диссертационной работы и результаты экспериментальных исследований могут быть рекомендованы для внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистрантов по направлению «Строительство».

## **Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы**

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы:

1. На страницах 80-81 текста диссертации и странице 8 текста автореферата представлена классификация зон процесса поризации (I-IV) по величине вакуума, однако не указаны количественные критерии перехода между предложенными зонами, кроме диапазонов давления.

2. В формуле (3.15) страницы 100 текста диссертации и формуле (2) на странице 10 текста автореферата приведен закон постоянства объемного фазового состава, однако неясно, приведенный закон применим только к системам без выраженных химических реакций или учитывает химическое взаимодействие компонентов системы?

3. В таблице 3.3 на странице 103 текста диссертации представлены значения объемных характеристик ячеистого бетона, однако не указано, почему объемное содержание жидкой фазы  $Ж_2$  равномерно возрастает с увеличением средней плотности при постоянном В/Т. А также не понятно, учитывалась ли химически связанная вода при расчете показателя  $T_2$ ?

4. На рисунке 4.23 страницы 141 текста диссертации и рисунке 12 страницы 15 текста автореферата приведено распределение пор по размерам для разработанных рекомендованных составов, однако неясно, как определялись представленные значения распределения.

5. При расчете экономической эффективности термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавно твердения не учтены затраты на дополнительное оборудование, необходимое для реализации разработанной технологической схемы производства изделий.

Отмеченные замечания не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки диссертационной работы Марушко Михаила Викторовича.

## **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертационная работа Марушко Михаила Викторовича является самостоятельно выполненной актуальной научно-квалификационной работой. Она содержит научную новизну, практическую ценность и в ней на основе выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения, обеспечивающие получение термовакuumированного ячеистого бетона неавтоклавно твердения с однородной пористой структурой и улучшенными физико-механическими характеристиками.

Указанные решения имеют существенное значение для развития строительного материаловедения. Диссертация и автореферат оформлены в соответ-

ствии с существующими требованиями. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного полагаю, что диссертационная работа полностью отвечает требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Марушко Михаил Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

### Официальный оппонент

доктор технических наук по специальности 05.23.05 «Строительные материалы и изделия», профессор, директор института цифровых и инженерных технологий ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Ильина Лилия Владимировна  
«14» ноября 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Адрес организации: 630008, СФО, Новосибирск-8, ул. Ленинградская, 113

Телефон: (383) 266-81-89

Адрес электронной почты: l.ilina@sibstrin.ru



Личную подпись Ильиной Л.В. удостоверяю:  
Первый проректор «НГАСУ (Сибстрин)»



Евдокименко Александр Сергеевич

«14» ноября 2025 г.