

## ОТЗЫВ

**официального оппонента, доктора технических наук, профессора  
Блиничева Валерьяна Николаевича  
на диссертационную работу Никишова Сергея Николаевича  
«Совершенствование технологии производства пеностекла при  
регулируемых режимах процессов термической обработки»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство)**

### *Актуальность избранной темы.*

Выбранная автором диссертационной работы тема исследования представляет существенный теоретический и практический интерес. Исследование процесса термической обработки при производстве изделий из пеностекла, а также разработка модели теплопереноса является востребованной задачей для строительной отрасли. Это обусловлено стремительным развитием рынка современных пористых теплоизоляционных материалов на основе пеностекла, диктующих необходимость поиска новых методов эффективного производства данных материалов. Наиболее распространенным способом производства пеностекла в настоящее время является порошковый способ. Самой энергоемкой стадией при получении пеностекла при порошковом способе производства – является стадия вспенивания сырьевой смеси, состоящей из измельченного стекла и газообразователя. Безусловно, исследование механизмов формирования пористой структуры, физических процессов, происходящих при вспенивании сырьевой смеси, является принципиальной задачей для производителей пеностекла.

В диссертационной работе автором показано, что при использовании математической модели теплопереноса в процессе производства пеностекла появляется возможность прогнозирования технологического процесса производства пеностекла, управляя стадией термической обработки, а, следовательно, возможностью задавать необходимые свойства конечного материала путем варьирования режима термического воздействия на сырьевую смесь. В этой связи работа, тема которой связана с созданием и разработкой



математической модели теплопереноса при термической обработке сырьевой смеси, является весьма актуальной.

***Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.***

Основной целью диссертационной работы С.Н. Никишова является снижение энергозатрат при производстве пеностекла. Для достижения поставленной цели в диссертации поставлены и решены следующие задачи:

1. Исследовать процесс высокотемпературной термической обработки сырьевой смеси, исходя из условий взаимовлияния физико-технических свойств материала.

2. Исследовать особенности технологии производства пеностекла с учетом различных способов и технологических приемов оптимизации процессов термической обработки материала.

3. Исследовать физические и физико-химические процессы, происходящие в пеностекле при термическом воздействии на его поверхность.

4. Разработать математическую модель теплопереноса в сырьевой смеси, учитывающую особенности распределения температурных полей на участках контакта «металлическая форма – сырьевая смесь».

5. Определить технологические параметры получения пеностекла на основе метода многокритериальной оптимизации с помощью математической модели зависимости свойств готового изделия от каждого фактора в отдельности и совместно.

Никишовым С.Н. сформулированы следующие научные положения, позволяющие достигнуть поставленные цели:

1. Впервые показано позитивное влияние технологии циклического термического воздействия на процессы структурообразования в сырьевой смеси для получения пеностекла под действием высоких температур. Обоснованы рациональные режимы циклического термического воздействия на сырьевую смесь в допустимых временных интервалах для формирования пористой структуры конечного продукта.



2. Разработан принцип регулирования процесса структурообразования применительно к строительным материалам на основе пеностекла, основанный на моделировании процесса термической обработки сырьевой смеси на различных этапах технологического процесса. В соответствии с этим принципом разработаны математические модели основных стадий процесса термообработки:

а) модель нестационарного теплопереноса в слое сырьевой смеси для расчёта нестационарных температурных полей с учётом циклического изменения температурных условий в местах контакта металлической формы для вспенивания пеностекла с композитом сырьевой смеси на стадиях нагревания и охлаждения;

б) модель изменения порозности слоя сырьевой смеси и роста размеров пор, сопровождающаяся изменением теплофизических характеристик сырьевой смеси.

3. Проведено экспериментальное исследование процесса охлаждения блока пеностекла, на основе которого выявлено соответствие основных положений математического моделирования процессов теплопереноса в структуре пеностекла и результатов натурного эксперимента. Проведен анализ показателей температуры блока из пеностекла в рассматриваемых точках контроля, который свидетельствует о достаточной сходимости экспериментальных данных и результатов математического моделирования, что обосновывает адекватность разработанной математической модели реальному физическому процессу.

4. Формализован метод выбора критериев оптимальности в рамках построения оптимального технологического процесса получения пеностекла. В качестве основного критерия оптимальности принят показатель коэффициента теплопроводности материала. Дополнительным критерием оптимизации принят показатель плотности.

Обоснованность положений, выводов и рекомендаций в диссертационной работе С.Н. Никишова основана на использовании фундаментальных законов при построении математической модели; теории автоматизированного организационного управления; результатов экспериментов по созданию конкурентоспособных наукоемких изделий, а также подтверждается успешным



внедрением разработанной технологии производства и программ для ЭВМ на ряде производственных предприятий.

*Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.*

Достоверность полученных диссертантом теоретических результатов подтверждается экспериментальными результатами, которые согласованы с известными теориями теплопереноса в пористых материалах и корректностью численных методов, использованных при реализации модели, сравнением результатов работы с результатами расчетов и результатами проведенных экспериментов. Следует также отметить четкость и логичность при изложении материала диссертационной работы. Диссертационная работа и автореферат изложены хорошим научным слогом.

Главным практическим результатом диссертационной работы является разработанная математическая модель теплопереноса при процессе термической обработке сырьевой смеси, которая позволяет моделировать циклический подвод тепла и прогнозировать рост радиуса пор в зависимости от режима термообработки и характера внешнего воздействия. Это дает возможность проводить проектирование режимов термообработки на различных этапах процесса производства, также позволяет повысить эффективность производства, снизить энергетические затраты и продолжительность процессов при термообработке пеностекла.

Разработанная математическая модель реализована в виде двух прикладных программ и может быть использована как на предприятиях по производству пеностекла, так и в иных производствах строительной и химической технологии.

На основе модели процесса теплопереноса в расплаве сырьевой смеси при термической обработке рассмотрены процессы, протекающие на стадии размягчения смеси стекла и газообразователя в печи вспенивания, разработана методика, позволяющая оптимизировать технологический процесс производства пеностекла и предложен способ совершенствования технологического процесса путем регулирования термической обработки циклическими режимами нагрева



позволяющий повысить эффективность производства, а также снизить затраты и продолжительности процессов термической обработки в технологии пеностекла.

Замечания по диссертации:

1. Автор отмечает, что «помол» стекла и мела он осуществлял на щековой дробилке и получал фракцию менее 0,063 мм. Неясно, каким образом он получал такую тонкую фракцию на щековой дробилке.

2. Неясна формула 2.7, по которой рассчитывался коэффициент теплопроводность полученного материала. В формуле 2.7 допущена явная опечатка, так как теплопроводности стекла и воздуха умножаются не на объемы, а на весовые доли объемов.

3. При уменьшении времени цикла нагрева-охлаждения для увеличения производительности установок стремятся осуществлять резкое охлаждение. Однако никто не говорит, как резкое охлаждение связано с термическим напряжением и появлением в пеностекле большого количества микротрещин. Поэтому интересно знать, отмечал ли автор появление таких дефектов в пеностекле при проведении исследований.

4. При выборе, на наш взгляд правильно, критерия оптимизации в виде минимума теплопроводности, ничего не сказано об обеспечении при этом допустимой прочности теплоизоляционного материала.

5. Неясно, откуда автор взял уравнение 5.7, по которому рассчитывал изменения радиуса пор от температуры нагрева.

6. На наш взгляд, предложенный диссертантом циклический способ нагрева образующегося пеностекла не полностью расписан с физической точки зрения. Неясно, что хорошего с технологической точки зрения происходит с изменением качества продукта, когда мы 10 минут греем, затем 5 минут охлаждаем, а затем снова 10 минут греем и так далее. С экономической точки зрения понятно – мы экономим энергию.

***Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным "Положением о порядке присуждения ученой степени".***

Актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы С.Н. Никишова несомненны. Результаты диссертации



С.Н. Никишова обоснованы на современном научном уровне, представляют собой законченное научное исследование. Достоинствами рассматриваемой работы является ее глубина и последовательность проработки проблемы. Важно, что полученные научные результаты доведены до практической реализации.

Полученные результаты соответствуют уровню кандидатской диссертации по рассматриваемой специальности. Приведенные выше замечания не снижают общих достоинств работы в целом и не носят принципиального характера.

Автореферат диссертации составлен с соблюдением установленных требований, дает полное и правильное представление о работе. Основные положения проведенных исследований нашли отражение в 20 опубликованных научных трудах автора, соответствующих теме диссертации, математическая модель реализована в двух программных комплексах, на которые получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, результаты диссертации доложены на ряде научных конференций.

Проведенный анализ диссертационной работы Никишова Сергея Николаевича позволяет сделать вывод о том, что она соответствует требованиям п. 9. «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к докторским (кандидатским) диссертациям, и является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные решения в области производства пеностекла, результаты которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны.

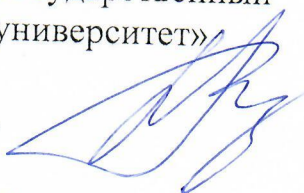
Диссертационная работа С.Н. Никишова «Совершенствование технологии производства пеностекла при регулируемых режимах процессов термической обработки», соответствует паспорту специальности, в части области исследования – пунктам: «Разработка научных и методологических основ проектирования и создания новых машин, агрегатов и процессов; механизации производства в соответствии с современными требованиями внутреннего и внешнего рынка, технологии, качества, надежности, долговечности, промышленной и экологической безопасности»; «Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и



процессов и оценки их экономической эффективности и ресурса»; «Исследование технологических процессов, динамики машин, агрегатов, узлов и их взаимодействия с окружающей средой», а также требованиям предъявляемым к кандидатским диссертациям по научной специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (строительство), а соискатель С.Н. Никишов достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент  
 Заслуженный деятель науки РФ,  
 Лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники,  
 доктор технических наук, профессор,  
 профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»  
 ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
 химико-технологический университет»

« 12 » 10 2020 г.



Блиничев Валерьян Николаевич

153000, Ивановская область,  
 г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7,  
 тел./факс.: (4932) 324003, м. тел.: +7-963-150-52-44  
 e-mail: blinich@isuct.ru

Подпись доктора технических наук (по специальности 05.04.09 - Машины и агрегаты химического производства), профессора, профессора кафедры «Технологические машины и оборудование» В.Н. Блиничева заверяю.

