

УДК 666.762.16-127-186

ББК 38.3

С59

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

Рецензенты:

профессор, доктор технических наук В. Ф. Степанова, заведующая лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных изделий ОАО «НИИЦ Строительство» НИИЖБ; профессор, доктор технических наук В. Ф. Коровяков, заместитель директора ГУП «НИИМосстрой»

Монография рекомендована к публикации научно-техническим советом МГСУ

**Соков, Виктор Николаевич.**

**С59** Энергоэффективная скоростная технология получения высокотемпературных теплоизоляционных материалов [Электронный ресурс] : монография / В. Н. Соков ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 329 с.). — М. : Изд-во МИСИ—МГСУ, 2017. — (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ). — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10".

ISBN 978-5-7264-1552-9

Рассмотрена скоростная энергоэффективная технология по созданию высокотемпературной теплоизоляции, позволяющая получать менее материалоёмкие изделия повышенного качества с одновременной интенсификацией (в разы) производства, снижением топливно-энергетических расходов и ликвидацией некоторых технологических переделов. Представлены результаты исследований по созданию безобжиговой теплоизоляции методом активного синтеза без образования в процессе их электрогидротеплосиловой обработки и эксплуатации в тепловых агрегатах. Раскрыты теоретические представления по созданию теплоизоляции с программированной структурой и закономерности планирования изделий с внутренним перераспределением свойств без изменения их размеров и массы. Изучена и использована возможность изменения физико-химических свойств поверхностного слоя глиняных частиц.

Для научных и инженерно-технических работников, научно-исследовательских организаций, предприятий строительной индустрии и огнеупорной промышленности, а также для преподавателей вузов, докторантов, аспирантов, магистров и бакалавров.

УДК 666.762.16-127-186

ББК 38.3

**Деривативное электронное издание на основе печатного издания:** Энергоэффективная скоростная технология получения высокотемпературных теплоизоляционных материалов : монография / В. Н. Соков ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — М. : Изд-во МИСИ—МГСУ, 2015. — (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ). — 328 с. — ISBN 978-5-7264-0869-9.

**В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных технических средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.**

ISBN 978-5-7264-1552-9

© Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2015

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Раздел 1. СОЗДАНИЕ БЕЗОБЖИГОВОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НАПРАВЛЕННЫМ СИНТЕЗОМ НОВООБРАЗОВАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОГИДРОТЕРМОСИЛОВОЙ ОБРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ В ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТАХ	6
Глава 1. Безобжиговые шамотные легковесы; предпосылки для их получения	6
1.1. Анализ современного состояния производства и применения шамотных легковесов	6
1.2. Выбор способа производства безобжиговых высокотемпературных теплоизоляционных материалов	18
1.3. Теоретические принципы создания безобжиговой высокотемпературной теплоизоляции	22
Глава 2. Методика проведения исследований и оценки характеристик изделий	40
2.1. Общие положения системного анализа и математическое планирование эксперимента	40
2.2. Обработка результатов эксперимента	46
2.3. Методика физико-механических испытаний	47
2.4. Методика физико-химических исследований	48
2.5. Методика исследования тепло- и массопереноса, теплофизических и термомеханических свойств изделий	49
Глава 3. Экспериментальные исследования	54
3.1. Характеристика используемых материалов	54
3.2. Исследование процессов тепло- и массопереноса при электропрогреве самоуплотняющихся шамотно-полистирольных масс на жидкостекольном растворе	60
3.3. Регулирование влагопереноса самоуплотняющихся масс на ранних стадиях процесса	73
3.4. Управление процессами самоуплотнения масс через рационально выбранные параметры перфорации стенок форм	80
3.5. Исследование учета свойств дисперсионной среды и размеров частиц твердой фазы на процесс влагоудаления при электропрогреве самоуплотняющихся масс	87
3.6. Изучение формовочных свойств шамотно-полистирольных масс	90
3.7. Системный анализ технологии безобжиговых шамотных теплоизоляционных материалов	93
3.8. Выбор оптимальных режимов электропрогрева шамотных самоуплотняющихся масс, затворенных жидкостекольным раствором	103
3.9. Теоретические представления о физико-химических процессах, происходящих в самоуплотненных системах, затворенных раствором силиката натрия	106

3.10. Изучение эксплуатационных свойств новых шамотных безобжиговых теплоизоляционных изделий _____	114
3.10.1. Дифференциально-термический анализ _____	115
3.10.2. Рентгеноструктурный анализ _____	115
3.10.3. Электронно-микроскопический анализ _____	119
3.10.4. Пористость _____	128
3.10.5. Прочность на сжатие _____	130
3.10.6. Усадка при сушке _____	134
3.10.7. Деформация под нагрузкой при высоких температурах _____	135

## Раздел 2. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ТРЕХЗОННЫМ ЛИНЕЙНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ СВОЙСТВ \_\_\_\_\_ 137

### Глава 4. Современные тенденции получения конструкционно-теплоизоляционных изделий переменной плотности \_\_\_\_\_ 137

4.1. Современное состояние конструкционно-теплоизоляционных материалов _____	137
4.2. Теоретические и экспериментальные предпосылки создания технологии трехслойных теплоизоляционных материалов из самоуплотняющихся масс _____	144

### Глава 5. Теоретические представления о возможности создания разноплотных изделий \_\_\_\_\_ 150

5.1. Анализ известных способов создания разноплотных изделий в России и за рубежом _____	150
5.2. Используемые сырьевые материалы _____	153

### Глава 6. Экспериментальные исследования \_\_\_\_\_ 154

6.1. Теоретические предпосылки создания теплоизоляционных огнеупоров с внутренним перераспределением свойств _____	154
6.2. Поиск оптимальных составов теплоизоляционных материалов на примере высокоглиноземистого сырья _____	164
6.3. Выбор тактики форсированного электропрогрева самоуплотняющихся масс при получении изделий с программируемой структурой _____	166
6.3.1 Фильтрационный массоперенос в гидротеплосиловом поле _____	166
6.3.2. Математическое описание происходящих в гидротеплосиловом поле процессов самоуплотнения минерально-полистирольных формовочных масс _____	167
6.3.3. Изучение закономерностей формирования напряженного состояния в замкнутом перфорированном объеме при тепловой обработке самоуплотняющихся масс _____	170
6.3.4. Изучение закономерностей фильтрационного массопереноса _____	172
6.3.5. Изучение изменения удельного электросопротивления в процессе фильтрации механически связанной влаги из самоуплотняющихся масс _____	177
6.3.6. Изучение влияния физических характеристик формовочной массы на процесс самоуплотнения _____	182

6.3.7. Анализ путей потери тепла при электропрогреве самоуплотняющихся масс, находящихся в замкнутом перфорированном объеме	183
6.3.8. Имитационное моделирование электропрогрева самоуплотняющихся масс	185
6.4. Исследования по получению высокоглиноземистых теплоизоляционных материалов однородной структуры	186
6.5. Создание трехзонного огнеупорного теплоизоляционного материала с линейным изменением плотности	197
6.6. Выбор режима обжига огнеупорных теплоизоляционных изделий с заданной структурой	207
6.7. Изучение физико-механических свойств изделий с планированной структурой	210

### Раздел 3. СКОРОСТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕГКОВЕСНЫХ И УЛЬТРАЛЕГКОВЕСНЫХ ИЗДЕЛИЙ 218

#### Глава 7. Возможность создания бесшамотных ультралегковесных материалов на основе высокодисперсного сырья в гидротеплосиловом поле 218

#### Глава 8. Обработка технологических параметров по изготовлению ультралегковесных бесшамотных материалов 221

8.1. Характеристика сырьевых материалов	221
8.2. Теоретические предпосылки и экспериментальные обоснования создания бесшамотных ультралегковесов по скоростной технологии	223
8.2.1. Выбор и характеристика гидрофобно-пластифицирующей добавки в соответствии с ее влиянием на способность изменения физико-химических свойств поверхностного слоя глинистых частиц	227
8.2.2. Теоретические представления об ориентированном строении и «сетчатом» характере гидрофобных оболочек частиц глины	229
8.2.3. Теоретические представления о влиянии гидрофобно-пластифицирующих добавок на пластичность глинополистирольных композиций	232
8.2.4. Анализ уровня влияния различных аппаратов перемешивания компонентов смеси на гидрофобизацию глины	236
8.2.5. Технологические особенности метода гидротеплосилового поля при получении бесшамотных ультрапористых материалов	238
8.2.6. Теоретические представления об избирательной диффузии влаги через полупроницаемые оболочки, образованные гидрофобно-пластифицирующей добавкой, на частицы глины	239
8.3. Определение оптимальных составов бесшамотных ультрапористых изделий	242
8.4. Исследование процессов тепломассопереноса в гидротеплосиловом поле при электропрогреве самоуплотняющихся масс на гидрофобизированных глинистых композициях	244
8.4.1. Математическое моделирование фильтрационного массопереноса при самоуплотнении глинополистирольных масс	245

8.4.2. Анализ влияния термовлагопереноса при электроподогреве глинополистирольных композиций на растрескивание сырка в процессе сушки	256
8.5. Отработка параметров технологии бесшамотных ультрапористых изделий	261
8.6. Выбор режима обжига бесшамотных теплоизоляционных материалов	270
8.7. Изучение микроструктуры и физико-технических свойств бесшамотных ультрапористых изделий	274
8.8. Теплоизоляционные легковесные изделия на основе отходов производства кварцевых огнеупоров	284
<b>Раздел 4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ БАЗОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ САМОУПЛОТНЯ- ЮЩИХСЯ МАСС</b>	<b>291</b>
<b>Глава 9. Производственная проверка результатов исследований по созданию безоб- жиговых шамотных теплоизоляционных изделий, полученных методом активного синтеза высокотемпературных новообразований</b>	<b>291</b>
9.1. Производственная проверка исследований	291
9.2. Разработка технологической линии по производству безобжигового шамотного теплоизоляционного материала на жидкостекольном растворе	294
9.3. Техничко-экономическое обоснование предложенной технологии производства безобжигового шамотного теплоизоляционного материала	295
<b>Глава 10. Заводские испытания теплоизоляционных изделий с улучшенными эксплуатационными характеристиками, полученными путем преобразования однородной пористой системы в неоднородную (на примере шамотных глин)</b>	<b>298</b>
10.1. Производственная проверка исследований	298
10.2. Разработка технологической линии по производству теплоизоляционных огнеупорных изделий заданной структуры	301
10.3. Техничко-экономическое обоснование технологии высокоглиноземистых теплоизоляционных материалов переменной плотности	305
<b>Глава 11. Изготовление бесшамотных ультрапористых изделий, полученных путем интенсивного выжимания усадочной влаги из систем с искусственно измененными физико-химическими свойствами глинистых частиц, на заводской технологической линии</b>	<b>307</b>
11.1. Производственная проверка исследований	307
11.2. Разработка технологической линии по производству бесшамотных ультрапористых изделий	310
11.3. Техничко-экономическое обоснование предложенной технологии изготовления бесшамотных ультрапористых изделий	311
<b>Библиографический список</b>	<b>312</b>