ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 4 — 2015

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Москва
Бюро НДТ
2015

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение IX
Краткое содержание справочника IX
Предисловие XII
Область применения 1
Раздел 1. Общая информация о состоянии и развитии производства керамических изделий в Российской Федерации 2
1.1 Основные подотрасли производства керамических изделий 2
1.2 Обзор отрасли: керамический кирпич 3
1.3 Обзор отрасли: керамическая плитка 8
1.4 Обзор отрасли: огнеупорные изделия 12
1.5 Обзор отрасли: санитарно-технические изделия 18
1.6 Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика) 23
1.7 Техническая керамика (изоляторы) 25
1.8 Экологические аспекты производства керамических изделий и воздействие предприятий отрасли на окружающую среду 36
Раздел 2. Описание технологических процессов, используемых при производстве керамических изделий 39
2.1 Технологические процессы и способы производства керамических изделий 39
2.1.1 Сырьевые материалы 39
2.1.2 Общее описание производственного процесса 41
2.1.3 Основные участки производства керамических изделий 42
2.1.4 Вспомогательные участки и участки переработки (системы очистки отходящих газов и сточных вод) 65
2.1.5 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства 66
2.1.6 Схема входных и выходных потоков производства керамических изделий 67
2.2 Кирпич 68
2.2.1 Переработка сырьевых материалов и приготовление шихты 69
2.2.2 Подготовка и применение выгорающих добавок (опилки) 71
2.2.3 Формование 72
2.2.4 Сушка 73

2.2.5 Обжиг ... 73
2.2.6 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства керамического кирпича и поризованного камня ... 74
2.3 Керамическая плитка ... 75
2.3.1 Приемка и хранение сырьевых материалов ... 76
2.3.2 Подготовка сырья ... 76
2.3.3 Формование полуфабриката ... 77
2.3.4 Сушка, декорирование и обжиг ... 77
2.3.5 Послеобжиговая обработка ... 80
2.3.6 Сортировка и упаковка готовых изделий ... 80
2.3.7 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства керамической плитки ... 80
2.4 Огнеупорные изделия ... 81
2.4.1 Приемка, подготовка и хранение сырьевых материалов ... 85
2.4.2 Формование полуфабриката ... 86
2.4.3 Сушка ... 87
2.4.4 Обжиг ... 87
2.4.5 Сортировка и упаковка готовых изделий ... 87
2.4.6 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства ... 87
2.5 Санитарно-технические изделия ... 88
2.5.1 Приемка и хранение сырьевых материалов ... 88
2.5.2 Приготовление шликера и глазури ... 90
2.5.3 Формование ... 91
2.5.4 Оправка и подвялка полуфабриката ... 92
2.5.5 Сушка ... 93
2.5.6 Глазурование ... 93
2.5.7 Обжиг ... 93
2.5.8 Сортировка и упаковка изделий ... 94
2.5.9 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства ... 94
2.6 Керамика хозяйственно-бытового назначения ... 95
2.6.1 Хранение сырьевых материалов ... 96

2.6.2 Подготовка формовочной массы 98
2.6.3 Сушка 99
2.6.4 Первый (утельный) обжиг 100
2.6.5 Глазурование 100
2.6.6 Второй (политой) обжиг 100
2.6.7 Сортировка 101
2.6.8 Декорирование 101
2.6.9 Третий (декорирующий) обжиг 101
2.6.10 Контроль и упаковка 102
2.6.11 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства 102
2.7 Техническая керамика (изоляторы) 102
2.7.1 Технология производства фарфоровых изоляторов 103
2.7.2 Особенности производства изделий из технической керамики 107
2.7.3 Сырьевые материалы 107
2.7.4 Подготовка формовочной смеси 108
2.7.5 Формование 108
2.7.6 Удаление временной технологической связки 109
2.7.7 Обжиг 109
2.7.8 Дополнительная обработка 109
2.7.9 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства 110
Раздел 3. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве керамических изделий 110
3.1 Потребление энергии и основные факторы воздействия производства керамических изделий на окружающую среду 110
3.2 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве кирпича 117
3.2.1 Потребление энергии 117
3.2.2 Эмиссии в окружающую среду 122
3.3 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве плитки 129
3.3.1 Потребление энергии 129
3.3.2 Эмиссии в окружающую среду 132

3.4 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве огнеупорных изделий 136
3.4.1 Потребление энергии 136
3.4.2 Эмиссии в окружающую среду 137
3.5 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве санитарно-технических изделий из керамики 139
3.5.1 Потребление энергии 140
3.5.2 Эмиссии в окружающую среду 141
3.6 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве керамических хозяйственных и декоративных изделий (посуды) 144
3.6.1 Потребление энергии 144
3.6.2 Эмиссии в окружающую среду 145
3.7 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве технических изделий из керамики 147
3.7.1 Потребление энергии 148
3.7.2 Эмиссии в окружающую среду 148
Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий производства керамических изделий 150
Раздел 5. Наилучшие доступные технологии производства керамических изделий 155
5.1 Системы менеджмента 156
НДТ 1. Системы экологического менеджмента и их инструменты 156
Затраты и выгоды внедрения систем экологического менеджмента 160
5.2 Технологические и технические решения, применимые в качестве НДТ для отрасли производства керамических изделий в целом 161
5.2.1 Потребление энергии 161
НДТ 2. Снижение потребления топлива в производстве керамических изделий 162
5.2.2 Сокращение выбросов загрязняющих веществ в воздух 162
НДТ 3. Снижение выбросов пыли в производстве керамических изделий 162
НДТ 4. Снижение выбросов загрязняющих веществ с отходящими газами при обжиге керамических изделий 163

5.2.3 Сокращение образования сточных вод 164
НДТ 5. Снижение количества производственных сточных вод при выпуске керамических изделий 164
5.2.4 Повторное использование шлама 165
НДТ 6. Повторное использование шлама в производстве керамических изделий 165
5.2.5 Минимизация отходов производства 165
НДТ 7. Минимизация отходов производства и технологических потерь 165
5.2.6 Сокращение шумового воздействия 166
НДТ 8. Сокращение шумового воздействия производства керамических изделий 166
5.3 Наилучшие доступные технологии производства керамических изделий по подотраслям 166
5.3.1 Производство кирпича 166
НДТ 9. Снижение потребления топлива в производстве керамического кирпича 166
НДТ 10. Снижение выбросов загрязняющих веществ при обжиге кирпича 167
5.3.2 Производство керамической плитки 167
НДТ 11. Снижение потребления топлива в производстве керамической плитки 167
НДТ 12. Снижение выбросов загрязняющих веществ при обжиге керамической плитки 168
НДТ 13. Повторное использование производственных сточных вод в производстве керамической плитки 168
НДТ 14. Повторное использование шлама, образующегося в системе очистки производственных сточных вод 168
5.3.3 Производство огнеупоров 169
НДТ 15. Снижение потребления топлива в производстве огнеупоров 169
5.3.4 Производство санитарно-технических изделий 169
НДТ 16. Снижение потребления топлива в производстве санитарно-технических изделий 169

НДТ 17. Повторное использование производственных сточных вод в производстве санитарно-технических изделий 169
НДТ 18. Минимизация производственных отходов в производстве санитарно-технических изделий 170
5.3.5 Производство посуды 170
НДТ 19. Снижение потребления топлива в производстве посуды 170
5.3.6 Производство изоляторов 170
НДТ 20. Снижение потребления топлива в производстве изоляторов 170
Раздел 6. Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий 171
Раздел 7. Перспективные технологии производства керамики 172
7.1 Системы энергетического менеджмента 173
7.2 Перспективные технологические и технические решения в производстве изделий из керамики 174
7.2.1 Использование цифровых технологий для проектирования и производства керамики 174
7.2.2 Применение трубчатых излучательных горелок 175
7.2.3 Применение горелок с низким выделением NO_x 176
7.2.4 Применение сушил с контролируемой влажностью теплоносителя 176
7.2.5 Применение туннельных печей с движущимся подом 177
7.2.6 Сушка и обжиг СВЧ-излучением 177
7.2.7 Использование бессвинцовых глазурей для столового фарфора высокого качества 178
7.2.8 Внедрение современных систем очистки сточных вод, включающих извлечение глазурей 179
Заключительные положения и рекомендации 181
Приложение А (обязательное) Коды ОКПД 2 и ОКВЭД, соответствующие области применения справочника НДТ 184
Приложение Б (обязательное) Перечень маркерных загрязняющих веществ для атмосферного воздуха, характерных для производства керамических изделий 198
Приложение В (обязательное) Перечень НДТ 199
Приложение Г (обязательное) Перечень технологических показателей 200

Приложение Д (обязательное) Энергоэффективность 204
Приложение Е (справочное) Перечень предприятий — членов Ассоциации производителей керамических материалов 207
Приложение Ж (справочное) Перечень предприятий — членов Ассоциации производителей керамических стеновых материалов 209
Библиография 210

Введение

Настоящий информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Производство керамических изделий» (далее — справочник НДТ) представляет собой документ по стандартизации, разработанный в результате анализа технологических, технических и управленческих решений, применяемых для обеспечения высокой ресурсоэффективности и экологической результативности производства керамических изделий.

Краткое содержание справочника

Введение. Во введении приводится краткое содержание справочника НДТ.

Предисловие. Указана цель разработки справочника НДТ, его статус, законодательный контекст, краткое описание процедуры создания в соответствии с установленным порядком, а также взаимосвязь с аналогичными международными документами.

Область применения. Описаны основные виды деятельности, на которые распространяется действие справочника НДТ.

В **разделе 1** представлена информация о состоянии и уровне развития в Российской Федерации подотраслей производства основных керамических изделий:

- кирпича и камня керамического;
- керамической плитки;
- огнеупорных изделий;
- санитарно-технических изделий из керамики;
- посуды и декоративных изделий (хозяйственно-бытовой керамики);
- технической керамики (изоляторов).

Также в разделе 1 дан краткий обзор экологических аспектов производства керамических изделий и воздействия предприятий отрасли на окружающую среду.

В **разделе 2** представлены сведения о технологических процессах, являющихся общими для всех подотраслей производства керамических изделий, а также информация об особенностях технологических процессов, получивших распространение в производстве:

- кирпича и керамического камня;
- керамической плитки;
- огнеупорных изделий;
- санитарно-технических изделий из керамики;
- посуды и декоративных изделий (хозяйственно-бытовой керамики);

- технической керамики (изоляторов).

В **разделе 3** дана оценка потребления природных ресурсов и уровней эмиссий в окружающую среду, характерных для производства керамических изделий в целом.

Для наиболее массовых производств (керамического кирпича и плитки) представлены результаты анкетирования отечественных предприятий и оценка материалов научно-исследовательских работ, характеризующих удельное потребление энергии и других ресурсов, а также удельные выбросы основных загрязняющих веществ в атмосферу. Приведены также доступные сведения об обращении с производственными сточными водами и отходами производства.

Для производств других изделий (огнеупорных, санитарно-технических, посуды, технической керамики) представлены преимущественно сведения об уровнях потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду, систематизированные в справочнике Европейского союза по наилучшим доступным технологиям «Производство керамических изделий» (Reference Book on Best Available Techniques, Ceramic Manufacturing Industry, 2007).

В **разделе 4** описаны особенности подходов, использованных при разработке данного справочника НДТ и в целом соответствующих Правилам определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458) и Методическим рекомендациям по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии (утверждены приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665).

В **разделе 5** кратко описаны наилучшие доступные технологии производства керамических изделий, включая:

- системы экологического менеджмента;

- технологические решения, направленные на повышение экологической результативности и энергоэффективности производства всех видов керамических изделий;

- решения, характерные для конкретных подотраслей производства керамических изделий.

В **разделе 6** приведены доступные сведения об экономических характеристиках современных проектов создания предприятий по производству керамических изделий в Российской Федерации. Представлена информация о затратах на внедрение систем экологического менеджмента и преимущества, связанные с внедрением этих систем на российских предприятиях.

В **разделе 7** приведены краткие сведения о новых технологических, технических и управленческих подходах, направленных на повышение ресурсоэффективности и экологической результативности производства керамических изделий, которые находятся в стадии разработки или имеют ограниченное применение.

Заключительные положения и рекомендации. В разделе представлена позиция разработчиков справочника НДТ в отношении сбора информации для актуализации и внесения изменений в справочник НДТ «Производство керамических изделий».

Библиография. В библиографии приведен перечень основных источников информации, использованных при разработке справочника НДТ.

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок разработки справочника НДТ установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458, описывающем порядок определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям.

1 Статус документа

Настоящий справочник НДТ является документом по стандартизации.

2 Информация о разработчиках

Справочник НДТ разработан технической рабочей группой № 4 «Производство керамических изделий» (ТРГ 4), состав которой был утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 829 от 17 июля 2015 г. «О технической рабочей группе «Производство керамических изделий».

Перечень организаций, оказавших поддержку разработке справочника НДТ, приведен в разделе «Заключительные положения и рекомендации».

Справочник НДТ представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (Бюро НДТ) (gost.e-ecolog.ru

3 Краткая характеристика

Справочник НДТ содержит описание применяемых при производстве керамических изделий технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, повысить энергоэффективность, обеспечить ресурсосбережение на предприятиях. Из описанных технологических процессов, оборудования, технических способов, методов (в том числе управления) определены решения, являющиеся наилучшими доступными технологиями (НДТ). Для ряда НДТ в справочнике НДТ установлены соответствующие технологические показатели НДТ.

4 Взаимосвязь с международными и региональными аналогами

Справочник НДТ разработан на основе справочника Европейского союза по наилучшим доступным технологиям «Производство керамических изделий» (Reference Book on Best Available Techniques, Ceramic Manufacturing Industry, 2007) с учетом особенностей производства керамических изделий в Российской Федерации.

5 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при производстве керамических изделий в Российской Федерации, была собрана в процессе разработки справочника НДТ в соответствии с Порядком сбора данных, необходимых для разработки информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям и анализа приоритетных проблем отрасли, утвержденным приказом Росстандарта от 23 июля 2015 г. № 863.

6 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Взаимосвязь настоящего справочника НДТ с другими справочниками НДТ, разрабатываемыми в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р, приведена в разделе «Область применения».

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 15 декабря 2015 г. № 1574.

Справочник НДТ введен в действие с 1 июля 2016 года, официально опубликован в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

gost.e-ecolog.ru

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Manufacture of ceramic ware

Дата введения — 2016-07-01

Область применения

Настоящий справочник НДТ распространяется на производство керамических изделий, в том числе следующие основные виды деятельности:

- производство керамических строительных материалов (кирпича, плиток и плит керамических);
- производство огнеупорных изделий;
- производство санитарно-технических изделий из керамики;
- производство электрических изоляторов из керамики;
- производство керамических хозяйственных и декоративных изделий (посуды).

В приложении А приведены соответствующие области применения коды ОКВЭД и ОКПД 2.

Справочник НДТ распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на ресурсоэффективность, характер и масштаб воздействия на окружающую среду:

- хранение и подготовка сырья;
- производственные процессы;
- методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов.

Ограниченные сведения приведены также для таких процессов, как:

- хранение и подготовка топлива (в случае использования твердого топлива);
- хранение и подготовка продукции.

Справочник НДТ не распространяется на:

- некоторые процессы производства, такие как добыча сырья в карьере и транспортировка сырьевых материалов с карьера на склад производства;
- вопросы, касающиеся исключительно обеспечения промышленной безопасности или охраны труда.

Дополнительные виды деятельности при производстве изделий из керамики и соответствующие им справочники НДТ (по распоряжению Правительства Российской

Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р, с изменениями от 29 августа 2015 г. № 1678-р) приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Дополнительные виды деятельности при производстве изделий из керамики и соответствующие им справочники НДТ

Вид деятельности	Соответствующий справочник НДТ
Очистка сточных вод	Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях
Очистка отходящих газов	Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях
Складирование и хранение сырья, продукции и твердого топлива	Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)
Повышение энергоэффективности	Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности

Раздел 1. Общая информация о состоянии и развитии производства керамических изделий в Российской Федерации

1.1 Основные подотрасли производства керамических изделий

Производство изделий из керамики относится к числу наиболее динамично развивающихся отраслей российской экономики. Начавшийся в 2008 году экономический кризис не оказал столь заметного влияния на темпы выпуска продукции, как в других отраслях (в частности, в металлургии), его последствия для различных подотраслей были частично или полностью нивелированы в течение 2–3 лет. К 2013 году практически все действующие керамические предприятия вышли на докризисный уровень, некоторые подотрасли, прежде всего производство строительной керамики (кирпич, керамическая плитка), демонстрируют опережающие темпы развития: происходит наращивание выпуска продукции, закладываются новые и проходят глубокую модернизацию существующие производственные площадки.

В настоящем справочнике НДТ выделены шесть основных подотраслей производства следующих керамических изделий, характерных для Российской Федерации:

- кирпич;
- керамическая плитка;
- огнеупоры;
- санитарно-технические изделия;
- посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика);
- техническая керамика.

В последующих разделах рассмотрены основные черты развития подотраслей производства указанных керамических изделий в Российской Федерации (см. 1.2–1.7).

Фундаментальные приемы и стадии процесса производства различных видов керамики мало отличаются друг от друга, если не учитывать, что для изготовления ряда видов продукции, таких как облицовочная и напольная плитка, посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика), санитарно-технические изделия, техническая керамика, нередко применяют многократный обжиг. Впрочем, технологическое воплощение производственного процесса может иметь существенные отличия, связанные с характеристиками исходного сырья и требованиями к готовой продукции. Технологические процессы производства керамических изделий рассмотрены в разделе 2.

1.2 Обзор отрасли: керамический кирпич

Керамический кирпич (рядовой, лицевой, клинкерный, а также поризованные блоки) относится к наиболее традиционным строительным материалам, а его производство распространено в Российской Федерации повсеместно. В настоящее время кирпич в России выпускают более 300 предприятий, при этом доли крупнейших из них, Группы ЛСР [1)] и Wienerberger [2)] , не превышают 10 %. В последние десятилетия созданы механизированные заводы с объемом производства 50–100 млн шт. в год [3)], осна-

[1)] Мощность ОАО «Победа ЛСР» в Ленинградской области составляет 160 млн усл. кирпичей в год; кирпичного завода в Никольском Ленинградской области выпуск кирпича достигнет 220 млн усл. шт.

[2)] Мощность завода во Владимирской области более 200 млн усл. шт. и в Татарстане — 150 млн усл. шт.

[3)] В данном разделе сохранена размерность «млн шт. условного кирпича», которой обычно оперируют маркетинговые агентства. В технологических разделах используется более

щенные мощными глинообрабатывающими и формующими машинами, механизированными экономичными сушилками и печами. На мелких и средних заводах в России выпускается почти 70 % продукции [1]. В то же время, по данным Ассоциации производителей керамических стеновых изделий (АПКСМ) [2], на предприятиях — членах АПКСМ производится около 55 % керамического кирпича, выпускаемого в России [1)] (см. приложение Ж), а по данным Ассоциации производителей керамических материалов (АПКМ), на предприятиях — членах АПКМ производится около 40 % керамического кирпича и камня, а также 40 % тонкой керамики [2)] (см. приложение Е).

Максимальные объемы выпуска кирпича были зафиксированы в 1991 году. До 2004–2005 годов производство кирпича в России оставалось практически на уровне середины 1990-х, уменьшившись по сравнению с пиковым показателем 1991 года почти вдвое. В предкризисные 2006–2008 годы наблюдался заметный рост, однако до сих пор отрасль не оправилась после кризисного падения производства (см. рисунок 1.1). Несмотря на то, что объемы производства увеличиваются не слишком быстро, происходит внутренняя перестройка отрасли: закрываются старые неэффективные заводы и строятся новые, более мощные.

С 2003 года в России инвесторы начали возводить заводы повышенной мощности — от 100 млн шт. кирпичей. Однако у тенденции к укрупнению производства есть и свои пределы. Средняя мощность самых крупных кирпичных заводов в мире составляет около 500 млн шт. условного кирпича в год. Большие мощности обычно избыточны с точки зрения логистики. По мнению российских экспертов [1], 200–300 млн шт. условно-

---

информативная размерность – тонны; нередко при пересчёте, при отсутствии конкретных данных принимают массу условного кирпича равной 2,5 кг.

[1)] В состав АПКСМ входят Группа ЛСР, ООО «Винербергер Кирпич», ЗАО «Рязанский кирпичный завод», ЗАО «Норский керамический завод», ОАО «Керма», ОАО «Тульский кирпичный завод», кирпичный завод «BRAER», ОАО «Славянский кирпич», Объединение строительных материалов и бытовой техники, Железногорский кирпичный завод, ОАО «Рябовский завод керамических изделий», ЗАО ФОН «Ключихинская керамика», ООО «Комбинат Строма» [2].

[2)] В состав АПКМ входят АО «Самарский комбинат керамических материалов», Группа BRAER, Фокинский комбинат строительных материалов, ЗАО «Петрокерамика», Березниковский кирпичный завод, Верхневолжский кирпичный завод, Товарковская керамика, TEREX, ОАО «Голицынский керамический завод», ОАО «Гжельский кирпичный завод», ОСМиБТ, Керама Марацци и др.

го кирпича в год вполне достаточно, чтобы обеспечить потребности строительного сектора и ремонтных работ в окрестностях предприятия радиусом до 400 км.

Следует отметить, что в современных строительных конструкциях практически полностью исключены внешние ограждающие конструкции из сплошной кирпичной кладки, существенно повысились требования к термическому (тепловому) сопротивлению стен. Конструкции стен стали многослойными. Это привело к дифференциации требований к материалам, составляющим ограждающую конструкцию. Для внешней кладки ограждающей конструкции важно прежде всего обеспечить соблюдение требований к безопасности и долговечности. Этим требованиям отвечает кирпич с невысоким показателем пустотности (или полнотелый) и высокой морозостойкостью и плотностью. Для теплоизолирующего слоя кладки необходимо поддерживать теплотехнические характеристики, обеспечивающие наибольшее термическое сопротивление при наименьшей толщине. Этим требованиям отвечает поризованный кирпич (крупноформатный камень) с высоким показателем пустотности и низкой плотностью. К кирпичу, предназначенному для эксплуатации в агрессивной и сильноагрессивной среде, клинкеру для мощения предъявляются повышенные требования. В целом в Российской Федерации установлены более жесткие требования к свойствам, чем в Европейском союзе (ЕС), что обусловлено его многолетним применением в неблагоприятных климатических условиях. На российских предприятиях выпускаются все указанные виды кирпича и керамического камня; производители стремятся не только удовлетворять, но даже предвосхищать требования потребителей.

Главной особенностью тех изменений, которые происходят в настоящее время на кирпичных заводах в России, является не столько укрупнение производств, сколько внедрение современных технологических процессов, позволяющих выпускать продукцию, отвечающую современным требованиям, и обеспечивать высокую ресурсоэффективность (в первую очередь энергоэффективность) предприятий [3], [4].

По данным Ассоциации производителей керамических материалов [5], общий объем выпуска керамического кирпича в России на 2014 год составил 7,012 млрд шт. условного кирпича. Динамика производства керамического кирпича на период 2007–2014 годов показана на рисунке 1.1.

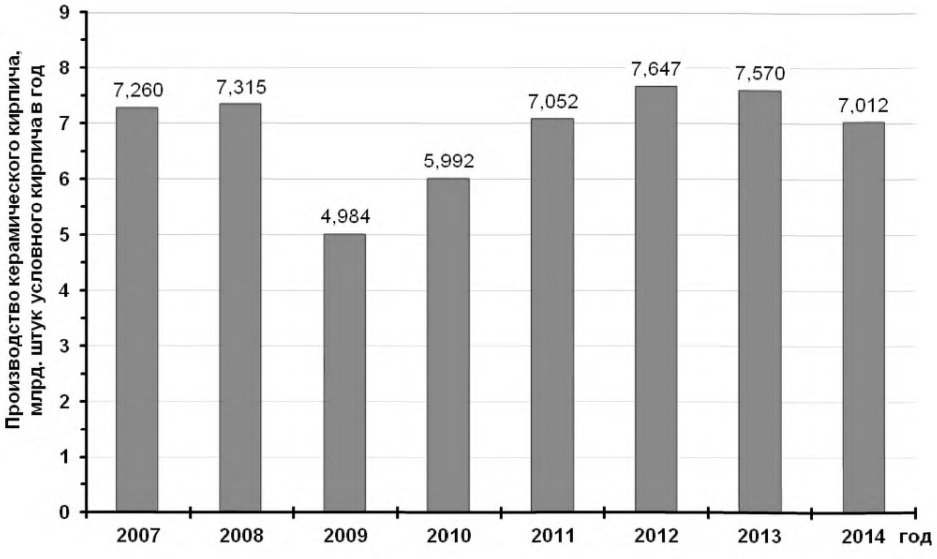

Рисунок 1.1 — Производство керамического кирпича
в России в 2007–2014 годах

Период спада производства отмечен в 2009 году; отрасль характеризовалась ростом производства в 2010–2012 годах, после чего снова наметился некоторый спад.

В структуре производства керамических стеновых материалов в Российской Федерации в 2014 году основная доля приходится на керамический кирпич рядовой — 56 %, керамический кирпич лицевой составляет 34 %, поризованные блоки — около 10 %, клинкерный кирпич — 0,2 %.

Ведущее место среди производителей керамического кирпича (по всем видам кирпича) в России занимают предприятия Центрального федерального округа (2218 млн шт. условного кирпича), следующим по вкладу в общий объем производства является Приволжский федеральный округ (1757 млн шт. условного кирпича). Относительный вклад производителей различных субъектов федерации показан на рисунке 1.2.

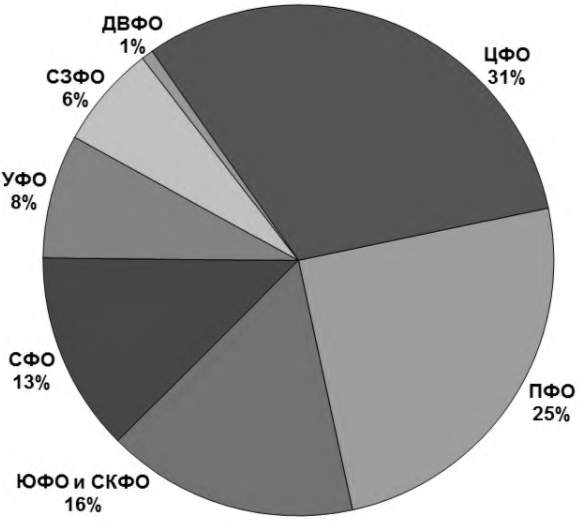

Рисунок 1.2 — Распределение производства керамического кирпича и камня по федеральным округам в 2014 году

Характерные черты крупных компаний, производящих керамический кирпич в Российской Федерации, можно сформулировать следующим образом:

- активная модернизация и внедрение современных технологических процессов ведущими отечественными компаниями и постепенное вытеснение с рынка предприятий, использующих производственные линии образца 1970–1980-х годов;

- последовательное повышение энерго- и ресурсоэффективности производства, как в результате проведения модернизации в целом, так и в порядке выполнения требований соответствующих законов, указов и постановлений;

- хорошо налаженная система информационного обмена (в рамках специализированных изданий, а также отраслевых ассоциаций, —таких как Ассоциация производителей керамических материалов и Ассоциация производителей керамических стеновых материалов);

- взаимодействие компаний, выпускающих материалы, используемые в строительстве, с ведущими строительными ассоциациями, например с Национальным объединением строителей (НОСТРОЙ);

- основное технологическое оборудование для производства кирпича в РФ не выпускается; экспериментальная база представлена незначительным числом организаций (прежде всего, ВНИИСТРОМ и ЦНИИГеонеруд) и требует укрепления;

- отрасль практически полностью зависит от поставок основного технологического оборудования и запчастей к ним из Европы.

Специалисты ряда профильных российских предприятий принимали участие в пилотных проектах, предоставляли данные для проведения сравнительного анализа энергоэффективности и экологической результативности производства, оказывали содействие разработчикам русских версий международных справочников [6] и национальных стандартов по наилучшим доступным технологиям [7]. Результаты проектов нашли отражение в разделах 2, 3 и 5.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029, утверждающим критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий, все предприятия по производству керамического кирпича в России отнесены к объектам категории I [1)] и, таким образом, будут обязаны получать комплексные экологические разрешения и подтверждать соответствие технологическим нормативам, установленным на основе НДТ.

1.3 Обзор отрасли: керамическая плитка

Отечественное производство керамической плитки даже в 1970–1980-е годы отличалось высоким уровнем автоматизации. Большое влияние на процесс развития российского производства керамической плитки оказал экономический кризис 1998 года. Произошло временное сокращение импорта керамической плитки в Россию, а параллельно повысился спрос на отделочную керамику отечественного производства. В то время, на рубеже двух столетий, многие российские предприятия начали серьезно расширять производственные мощности и модернизировать производство за счет установки импортного оборудования. В конечном счете это позволило значительно расширить номенклатуру и ассортимент продукции, улучшить дизайн выпускаемых керамических изделий и повысить конкурентоспособность предприятий [8].

[1)] Критерий отнесения к объектам I категории, установленный данным постановлением, составляет 1 млн изделий в год, т. е., около 2–2,5 тыс. т в год, что значительно ниже объёмов выпуска продукции на самых некрупных предприятиях по производству керамического кирпича, функционирующих в России. Данный критерий нуждается в уточнении. В качестве критерия для отнесения заводов по производству кирпича к объектам, на которые распространяется действие НДТ, можно рекомендовать показатель мощности производства 150 тыс.т / год

Со временем темпы роста производства начали замедляться, и наименее гибких производителей стали вытеснять с рынка их более развитые в технологическом плане конкуренты. Самые заметные изменения стали происходить в результате выхода на российский рынок крупных международных компаний, которые начали размещать здесь собственные производства. Значительные инвестиции в производственные мощности, управленческий опыт и маркетинговый бюджет международных компаний серьезно повлияли на ужесточение конкурентных условий в сегменте керамической плитки. В такой ситуации многим российским производителям, основной стратегией которых на тот момент было наращивание собственных мощностей, пришлось задуматься о стратегическом планировании своей деятельности, а также пересмотреть всю логистическую концепцию — от обеспечения производства сырьем до доведения продукции до конечного потребителя [9].

К 2003–2005 годам производство керамической плитки преодолело период стагнации и банкротства ряда предприятий, практически полностью перевооружившись [9]. Сократившийся в период кризиса 2008–2009 годов выпуск продукции возрастал до 2013 г. В 2013 году продажи керамической плитки в России достигли 1,6 м^2 на душу населения [10].

Направление развития российского рынка керамической плитки, динамика жилищного строительства и строительства нежилых объектов во многом определили направление развития производства керамической плитки в 2013 году. Объем выпуска керамической плитки в России в 2013 году в натуральном выражении составил 166,6 млн м^2, что на 6,8 % больше показателей предыдущего года. Однако следует учитывать, что в 2012 году темп прироста составил 15 %. Национальное потребление керамической плитки достигло рекордной за все время отметки в 231 млн м^2, что на 5,7 % больше показателя 2012 года (218,8 млн м^2). Тем не менее в 2012 году потребление росло более высокими темпами: темп прироста за этот период составил 15,7 %. Таким образом, в 2013 году производство росло вдвое медленнее, чем в 2012 году, а потребление — в три раза медленнее, что говорит о явном перенасыщении российского рынка керамической плитки [8].

По итогам января — июля 2014 года производство керамической плитки сократилось на 3,4 % по сравнению с аналогичным периодом 2013 года [11]. По итогам января — ноября 2014 года производство составило 151,6 млн м^2, что на 2 % ниже аналогичного показателя 2013 года (см. рисунок 1.3) [12]. По мнению экспертов, по итогам 2014 года этот показатель практически не изменился. По другим данным, в 2014 году

производство керамической плитки было оценено в 161,4 млн м^2, потребление — в 206,9 млн м^2 [13].

Лидерами по объему производства плитки являются предприятия Центрального федерального округа, на долю которых приходится около половины от всей плитки, производимой в России; вклад производителей Северо-Западного региона достигает четверти общего объема производства плитки в России. По данным статистики в общей структуре отечественного рынка на долю внутренней продукции приходится 65 % — 80 % [14].

Всего в Российской Федерации насчитывается около 25 основных ведущих компаний, которые занимаются производством керамической плитки (фасадной, глазурованной для внутренней отделки, керамогранита и пр.). Некоторая часть предприятий специализируется на выпуске какого-то одного вида плитки, а часть предприятий имеет более широкий ассортимент. Размеры плитки изменяются от нескольких десятков миллиметров до 600–1200 мм, толщина составляет от 3 до 15 мм, изделия могут иметь различную плотность. В статистических материалах и маркетинговых исследованиях данные представлены в размерности млн м^2, которая сохранена в данном разделе, так как позволяет оценить объемы производства в целом и представить региональную структуру выпуска продукции. В разделах справочника, посвященных обсуждению текущих уровней потребления ресурсов и эмиссий в ОС, используется более информативная размерность — тонны продукции.

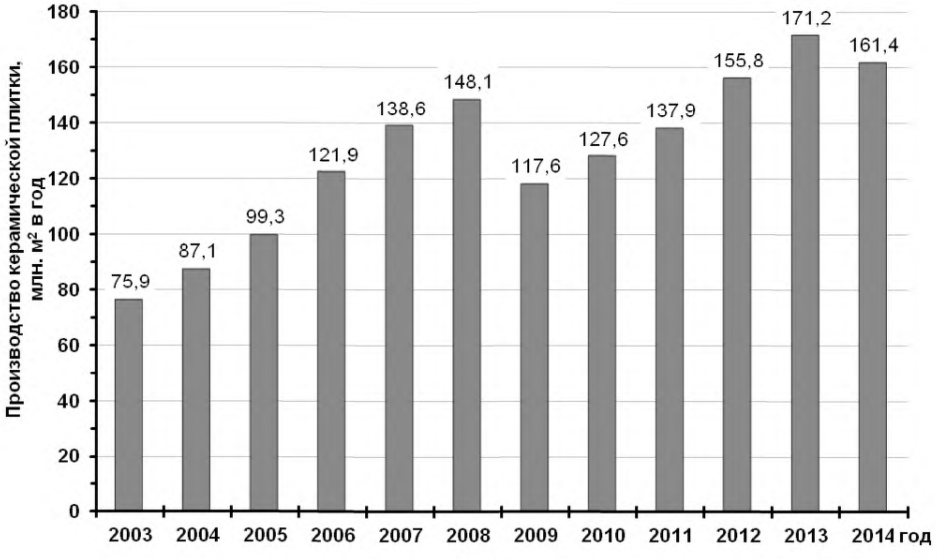

Рисунок 1.3 — Производство керамической плитки в России [15], с изменениями [17]

В заключение следует отметить, что в различных сегментах отечественного рынка керамической плитки конкурируют как отечественные, так и иностранные производители, в том числе и те, которые открыли промышленные площадки в нашей стране. Предприятия активно внедряют современные производственные линии, осваивают новые технологии, приглашают зарубежных дизайнеров и технологов. Новое оборудование дает возможность использовать при декорировании плитки методы ротационной (ротоколор) и цифровой печати, нанесения люстра и благородных металлов. При этом метод шелкографии остаётся достаточно широко распространённым. Современные высокотемпературные печи, применение технологий двойного и одинарного обжига, внедрение систем менеджмента качества и использование компьютерных технологий позволяют выпускать плитку разнообразных форматов и различного назначения. Отечественные производители развивают и собственные технологии, которые отвечают особенностям российских климатических условий. Одна из новейших разработок — керамическая плитка, которая выдерживает очень низкие температуры и может применяться для облицовки фасадов зданий даже в северных регионах [16].

Производителей керамической плитки в Российской Федерации можно условно разделить на две составляющие [18]:

- отечественные предприятия (в том числе Группа компаний «КераМир», ОАО «Волгоградский керамический завод»; ООО «Самарский Стройфарфор», предприятия компании Estima Ceramica, расположенные в Московской и Самарской областях, ОАО «НЕФРИТ-КЕРАМИКА», ОАО «Кировская керамика», ОАО «Завод керамических изделий» (Уралкерамика), ОАО «Стройфарфор» Холдинга UNITILE, ОАО «Сокол», ООО «Евро-Керамика;

- зарубежные компании, открывшие производство плитки в России (такие как Kerama Marazzi с предприятиями, функционирующими в г. Орле и в Московской области, Группа компаний Rovese (п. Фряново и п. Кучино Московской области), Группы компаний Lasselsberger Ceramics, предприятие Холдинга Gruppo Concorde в г. Ступино).

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029, утверждающим критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий, все предприятия по производству керамической плитки в России отнесены к объектам категории I [1)] и, таким образом, будут обязаны получать комплексные экологические разрешения и подтверждать соответствие технологическим нормативам, установленным на основе НДТ.

1.4 Обзор отрасли: огнеупорные изделия

В настоящее время огнеупорная промышленность России представлена 12 огнеупорными предприятиями и огнеупорными производствами на металлургических комбинатах ОАО «ММК» и ОАО «ЧМК». Ситуацию на российском рынке огнеупорных изделий в целом определяют специализированные огнеупорные заводы, производя 70 % — 75 % огнеупорных изделий и материалов в стране. В настоящее время в Российской Федерации можно условно выделить производителей огнеупорной продукции трех уровней по сложности и предлагаемым возможностям. К первой («легкой») группе можно отнести организации, ориентированные на производство одного, как правило менее трудоемкого и в то же время значительно востребованного, продукта. Это могут

[1)] Критерий отнесения к объектам I категории, установленный данным постановлением, составляет 1 млн изделий в год, что ниже объёмов выпуска продукции на самых некрупных предприятиях по производству керамической плитки, функционирующих в России.

быть разнообразные неформованные огнеупоры, получаемые параллельно основному производству (корундовые массы МКМ-90, выпускаемые на ОАО «РУСАЛ Бокситогорский глинозем»), или же специально разработанная технология под один вид продукции, которую и продают сами разработчики (теплоплиты «РТПК», доменные массы «Теплострой» и т. п.) Как правило, одна фирма предлагает один продукт для всех потребителей; в России таких организаций насчитывается более 50.

Ко второй («средней») группе относятся производители, для которых характерен комплексный подход к выпуску огнеупорной продукции. Если это шамотные или какой-то другой вид изделий, то выпускается весь возможный ассортимент, включая формованные и неформованные огнеупоры (ООО «Морган Термал Керамикс Сухой Лог», РХИ «Подольскогнеупор», ОАО «Щербинский завод электроплавленых огнеупоров», Богдановичское ОАО «Огнеупоры»); если производство ориентировано на нужды собственного комбината, то выпускаются наиболее дорогостоящие огнеупоры (ЗАО «Огнеупор» (дочернее общество ОАО «ММК»), «Мечел-материалы» (ОАО «ЧМК»). Здесь наблюдается отход от огнеупоров «общего применения» к специализированной огнеупорной продукции.

К третьей группе («комплексной поставки») можно отнести как отечественных производителей (ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров», ООО «Группа «Магнезит», ОАО «Первоуральский динасовый завод» и др.) и предприятия стран СНГ (ОАО «Запорожогнеупор», ООО «ГИР-Интернешнл» и др.), так и западных производителей (Calderys, Cookson, LWB Refractories, Minteq, Morgan Crucible, RHI, Saint-Gobain, Vesuvius и др.). Предприятия этой группы ориентируются на комплексный подход к потребителю, а также на то, что заказчик способен комплектовать крупные заказы у себя в течение 3–8, а иногда и более, месяцев (коксовые батареи, конвертеры, воздухонагреватели доменных печей, футеровки доменных печей и т. п.) [19].

Кризис металлургического рынка 2008 года серьезно отразился на огнеупорной отрасли. В настоящее время причинами спада являются конкуренция среди производителей, обладающих избыточными (для металлургии) мощностями, поставка импортных огнеупорных изделий и материалов в Россию (зачастую по демпинговым ценам), снижение объемов потребности в огнеупорных изделиях и материалах металлургическими предприятиями в связи с повышением качества изделий. Сказываются на производстве огнеупоров и новые проблемы российской металлургии, прежде всего меры ряда стран по ограничению российского экспорта металлов. Немалую отрицательную роль для отрасли играет и опережающий рост тарифов российских естественных мо-

нополий на энергоресурсы и перевозки. В настоящее время огнеупоры все чаще изготавливают на заказ с учетом специфики применения.

Медленное развитие при исчерпывающих мощностях на российском рынке производства огнеупоров не дают предприятиям возможность выйти на внешний рынок. Для того чтобы конкурировать на внешнем рынке с общемировыми предприятиями, нашим производителям необходимо создавать продукты, которые бы соответствовали высоким стандартам качества. Для этого необходимо не только обновлять существующие производственные линейки, но и внедрять новые технологии, которые позволили бы обеспечить выпуск новых видов огнеупорной продукции. В этом контексте следует упомянуть рециклинг огнеупорных материалов, обжиг в контролируемой среде (при производстве, например, карбидкремниевых огнеупоров на нитридной связке), низкотемпературную (320 °С — 450 °С) термообработку изделий из огнеупорных бетонов и наиболее перспективное направление — наращивание объемов выпуска безобжиговых огнеупорных изделий и неформованных огнеупоров. В зарубежных странах доля выпуска неформованных огнеупоров достигает 50 % — 60 % от всего производства и применения огнеупорных материалов, в России этот показатель к 2015 году составил 25 % — 30 %.

Изменение конъюнктуры рынков продукции отраслей-потребителей сказывается на объемах производства и поставок огнеупоров. Снижение объемов производства в этих отраслях влечет за собой снижение объемов потребления огнеупорных материалов. Распределение рынков определяется размещением потребляющих отраслей. Кроме того, на распределение рынков влияет уровень модернизации производственных процессов в этих отраслях. В черной металлургии все еще имеются значительные колебания объемов потребления огнеупоров в зависимости от региона, максимальная величина удельного потребления для российского рынка достигает почти 25 кг/т стали [20]. В то же время существуют производства с удельным потреблением огнеупоров порядка 9 кг/т стали, средняя величина удельного потребления по стране к 2015 году составляет 11–13 кг/т стали.

Распределение предприятий по производству огнеупоров по федеральным округам и областям по состоянию на 2008 год приведено в таблице 1.1. Как следует из представленных данных, 70 % всей огнеупорной промышленности России сосредоточено в Уральском федеральном округе.

Таблица 1.1 — Производство огнеупоров в России по федеральным округам и областям по [21]

Федеральный округ	Область	Доля выпуска, %
Уральский	Челябинская	36,4
	Свердловская	33,6
Центральный	Воронежская	8,9
	Тульская	3,0
	Московская	1,8
Северо-Западный	Новгородская	12,1
Приволжский	Оренбургская	2,4
Сибирский	Кемеровская	1,2
	Новосибирская	0,3
Дальневосточный	Хабаровский край	0,3

Следует отметить тенденцию к передислокации производственных мощностей из стран Евросоюза, Японии, Южной Кореи и США в страны с более низкими затратами на производство. Крупные холдинговые структуры (например, RHI), потеряв рынок СНГ при поставке огнеупорных изделий из Европы, начали активно продвигать аналогичные продукты, производимые в КНР. На рынке СНГ появились или высказывают намерения в создании производств ведущие европейские и азиатские корпорации [22].

Крупнейшими производителями огнеупоров являются компании RHI, Cookson, Saint-Gobain, LWB Refractories, Minteq, MorganCrucible, Vesuvius. Они представляют собой консолидированные корпорации, располагающие рядом производственных мощностей в разных европейских странах [23].

В последние годы также наблюдается тенденция слияний различных производителей огнеупорной продукции с образованием крупных корпораций с весомой долей на рынке (данные приведены по состоянию на 2013 год, см. таблицу 1.2).

Таблица 1.2 — Основные огнеупорные предприятия, действующие на российском рынке по [24]

Наименование организации	Страна
ООО «Группа «Магнезит»	Россия
ОАО «Огнеупоры» (г. Богданович)	Россия
ОАО «Первоуральский динасовый завод»	Россия
ОАО «БКО»	Россия
ОАО «Семилукский огнеупорный завод»	Россия

Наименование организации	Страна
ОАО «Сухоложский огнеупорный завод»	Россия
ООО «ГИР-Интернешнл»	Украина
ОАО «Запорожогнеупор»	Украина
ОАО «Часовоярский огнеупорный комбинат»	Украина
Mayerton Group	Великобритания
RHI Refractories	Австрия
VesuviusPremir	США
Calderys	Германия
Magnesita Refratarios SA	Бразилия
Krosaki Harima	Япония

Ведущие производители огнеупоров уделяют серьезное внимание техническому переоснащению, выводят из пользования физически и морально устаревшее оборудование. Приоритет здесь принадлежит ОАО «Боровичский комбинат огнеупоров», ООО «Группа «Магнезит», АО «Динур», которые оснащаются современным дробильным и помольным оборудованием, смесителями «Erich», прессами «Zaies», «Sacmi» усилием до 2500 т, гидростатическими прессами. В ООО «Группа «Магнезит» производство новой продукции составляет четверть общего объема производства. Но темпы развития отрасли еще не достаточно велики, что приводит к потере рыночных позиций российскими предприятиями.

Крупнейшим российским производителем и поставщиком огнеупоров на отечественный рынок является ООО «Группа «Магнезит». Предприятие производит порядка 40 % всех огнеупоров в России. Его доля в физическом объеме продаж на внутреннем рынке, хотя и несколько ниже, чем в объеме производства (поскольку предприятие часть продукции поставляет на экспорт), составляет около 17 %. Удельный вес второго по значению поставщика огнеупоров на российский рынок — Боровичского комбината — составляет 14,3 %. Крупными поставщиками товарных огнеупоров на внутренний рынок являются: Богдановичское ОАО «Огнеупоры», «Динур», «Подольскогнеупор», Семилукский огнеупорный завод. Производство огнеупорных изделий по годам за период 2008–2014 годов отражено на рисунке 1.4 по [25].

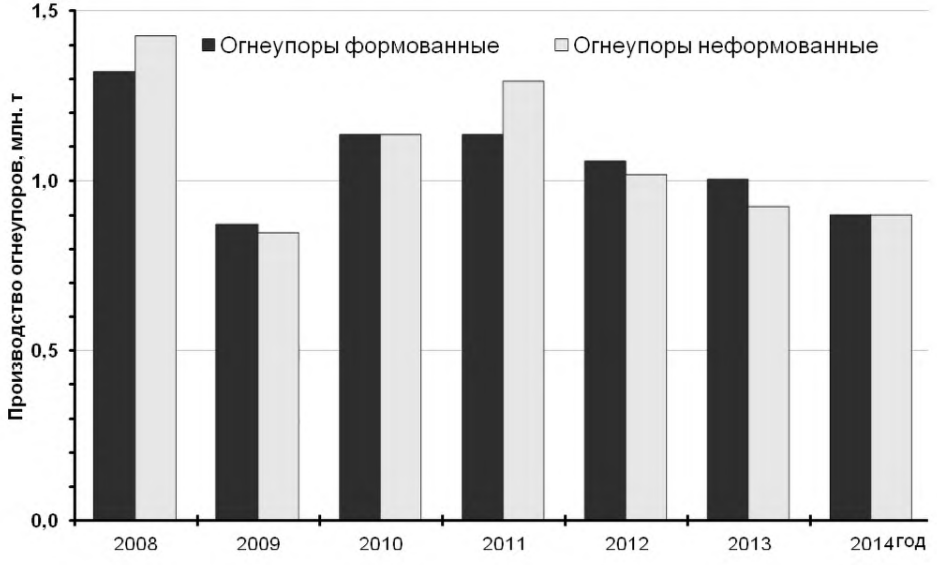

Рисунок 1.4 — Производство огнеупорных изделий в Российской Федерации за 2008–2014 годы (по данным ассоциации производителей огнеупоров «Огнеупорпром»)

Как черная, так и цветная металлургия являются стратегическими отраслями — потребителями огнеупорной продукции, где намечена положительная динамика развития. По темпам роста более перспективной оказывается промышленность производства строительных материалов, в частности: керамики, цемента и стекла.

Результаты анализа потребления огнеупоров в наиболее перспективных отраслях промышленности и доли различных огнеупоров в каждой области представлены на рисунке 1.5. В 2011 году мировой рынок магнезиальных огнеупоров оценивался в 4,6 млн т, где наибольшая доля потребления магнезиальных огнеупоров приходилась на производство стали и цемента.

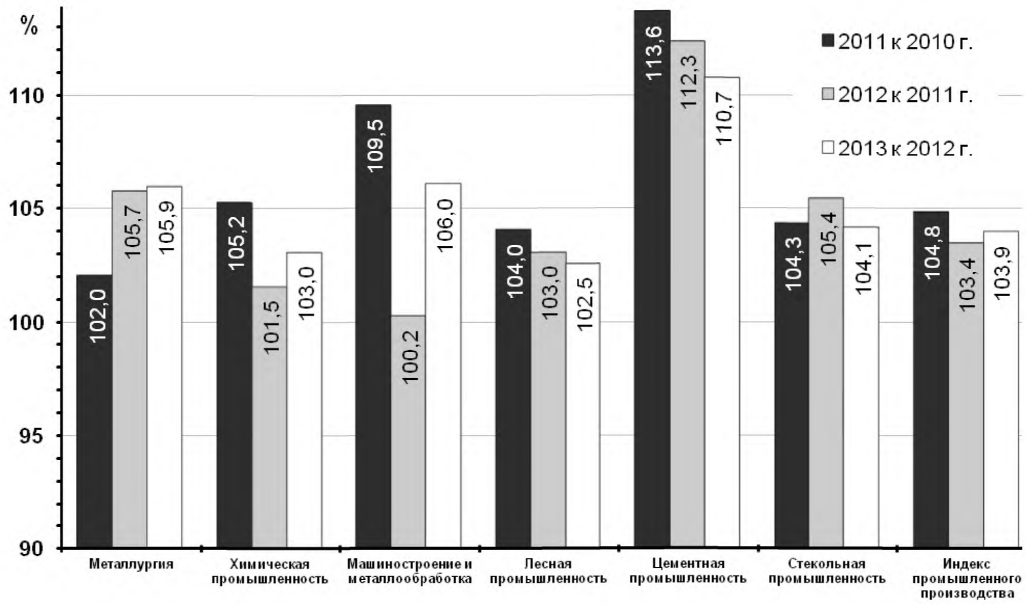

Рисунок 1.5 — Развитие основных отраслей — потребителей огнеупоров в Российской Федерации

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029, утверждающим критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий, предприятия по производству огнеупорных керамических изделий с проектной мощностью 1 млн шт. в год и более отнесены к объектам категории I и, таким образом, будут обязаны получать комплексные экологические разрешения и подтверждать соответствие технологическим нормативам, установленным на основе НДТ.

1.5 Обзор отрасли: санитарно-технические изделия

В начале 90-х годов в России ежегодно производилось 6,5–7 млн шт. санитарно-технических изделий в год. Но с 1992 года производство стало сокращаться, и к 1996 году объем выпуска упал вдвое.

В середине 1990-х годов многим предприятиям отрасли удалось провести модернизацию производства, внедрить современные технологические процессы и установить новое оборудование, что позволило расширить ассортимент и увеличить объемы выпуска продукции. Переломным моментом для роста отечественного производства сантехники из керамики послужил 1998 год и девальвация рубля. Отечественные санитарно-технические изделия после девальвации рубля стали значительно (практи-

чески вдвое) дешевле импортных, при этом не уступая по внешнему виду и эксплуатационным характеристикам, что способствовало укреплению конкурентоспособности подотрасли. В 1999 году выпуск санитарных керамических изделий увеличился на 24 % (по сравнению с предыдущим годом), а в 2000 году — еще на 10 % [26], [27]. Данные о темпах развития производства санитарно-технических изделий в России в 2005–2011 годах приведены на рисунке 1.6.

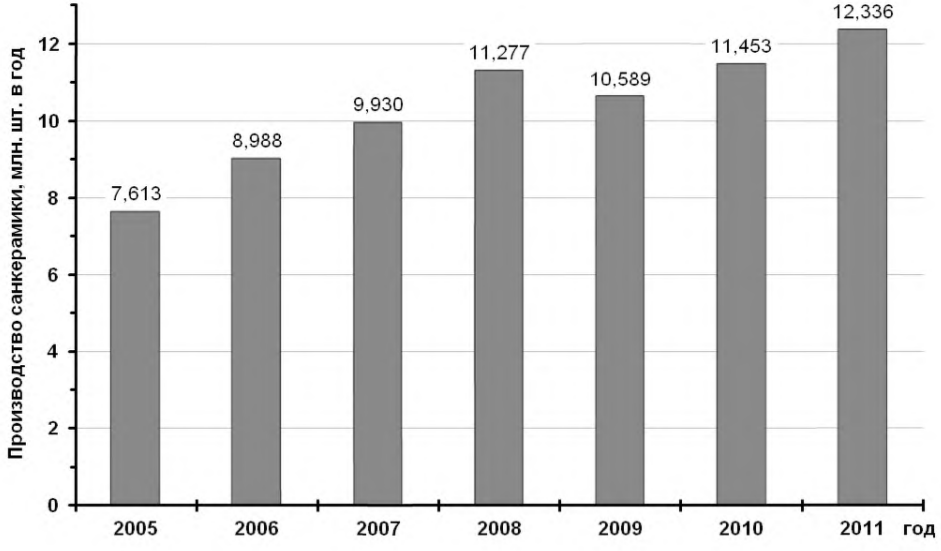

Рисунок 1.6 — Производство санитарно-технических изделий из керамики в России в 2005–2011 годах

В 2012 году прирост производства сантехники из керамики составил 1,5 %. За первое полугодие 2013 года было произведено на 8,1 % больше, чем за аналогичный период 2012 года. По оценкам маркетингового агентства Discovery Research Group [28], объем рынка санитарно-технических изделий в России в 2013 году составил 6,5 млрд долл. США (более 200 млрд руб. в ценах 2013 года).

На раковины, унитазы и биде приходится 35 % объема рынка санитарно-технических изделий в целом. В структуре подсегмента санитарно-фаянсовых изделий унитазы занимают около 60 %, раковины — примерно 35 %, биде, писсуары и прочие изделия — до 5 %. В 2013 году было произведено 13 млн шт. санитарно-технических изделий из керамики.

На российском рынке санитарно-технических изделий из керамики импортная продукция занимает треть рынка. Большая часть иностранной сантехники поступает на

российский рынок из Китая и Украины. Самая дорогостоящая импортная продукция данного сегмента ввозится в Россию из Италии, Германии и Турции. Экспорт российской керамической сантехники невелик и осуществляется в основном в страны СНГ.

На российском рынке санитарно-технической керамики представлено около полутора десятка отечественных производителей. Лидирующим регионом — производителем санитарно-технических изделий в России является Калужская область, в которой располагаются две крупнейшие компании по выпуску сантехники из керамики — ЗАО «УграКерам» (торговая марка «SANTERY»), входящая в компанию ROCA GROUP и ЗАО «Кировская керамика» (торговая марка «ROSA»). Далее следуют Самарская область с крупным предприятием «Самарский Стройфарфор» (торговые марки «SANITA» и «SANITA LUXE»), Чувашская республика, Московская, Белгородская и Новосибирская области. На долю остальных в 2011 году приходилось менее 5 % (см. рисунок 1.7).

ЗАО «УграКерам» (п. Воротынск, Калужская обл.) с 2010 года входит в состав международного холдинга Roca Group. Сегодня компания выпускает около 2 млн изделий в год, используя современные технологии и оборудование. Ассортимент продукции включает унитазы, умывальники, биде и раковины, рукомойники и писсуары; керамика исполняется в белом цвете и имеет увеличенный срок службы за счет применения глазури повышенной стойкости [29].

ЗАО «Кировская керамика» (г. Киров, Калужская обл., ранее «Кировский стройфарфор») является старейшим производителем санитарного фаянса в России. На сегодняшний день предприятие занимает лидирующие позиции в отрасли, выпуская до 1,8 млн изделий в год и обеспечивая почти пятую часть всех отечественных санитарно-фаянсовых изделий. Ассортиментный ряд представлен унитазами-компактами, умывальниками, раковинами-«тюльпанами», и выпускается в широкой цветовой гамме [30].

ООО «Самарский Стройфарфор» (г. Самара) выпускает полный ассортиментный ряд сантехнической продукции: унитазы, раковины, мебель для ванной, писсуары, биде, смесители и комплектующие. В 2012 году завод произвел почти 1,8 млн изделий [31], по данным производителя, в 2015 году объем выпуска продукции составил 1,9 млн изделий. Выпуск изделий осуществляется на полностью модернизированном производстве, с применением следующих технологий:

- автоматизированные стенды для производства унитазов с приклеиваемым кольцом;

- выпуск широкоформатных умывальников на литьевых машинах высокого давления собственного производства;

- нанопокрытие SANITA CRYSTAL, позволяющее защищать поверхность изделий от загрязнений;

- технология многократной заливки «Спаглесс».

ООО «Керамика» (Roca Group, г. Чебоксары, Республика Чувашия) с филиалом в г. Новочебоксарск (ЗАО «САНТЭК») — молодое, но уже завоевавшее признание потребителей предприятие. После реконструкции ранее действовавшего завода по производству санитарно-технических изделий в 2013 году объем выпуска продукции увеличился с 1,2 до 2,0 млн единиц в год [32]. ООО «КЕРАМИКА» применяет новейшие технологические процессы и современное немецкое оборудование для производства санитарно-фаянсовых изделий. Все изделия проходят жесткий контроль качества. Разработка моделей сантехники для ванных комнат и санузлов осуществляется зарубежными дизайнерами, предпочтение при этом отдается классическим видам продукции — компакт-унитазам и умывальникам формы «тюльпан». Чебоксарский производитель, помимо гарантийного обслуживания, оказывает также консультационные услуги [33].

Московская область занимает 4-е место по выпуску санитарной керамики благодаря двум российским предприятиям: «Ногинский стройфарфор» и «Лобненский завод строительного фарфора».

В начале 2000-х годов проектная мощность ООО «Ногинский стройфарфор» (г. Ногинск, Московская обл.) составляла 500 тыс. изделий в год. [34].

ЗАО «Лобненский завод строительного фарфора» (г. Лобня, Московская обл.) проектной мощностью 420 тыс. санитарно-технических изделий из керамики в год также выпускает продукцию эконом-сегмента. Весь модельный ряд, а это более 30 наименований (компакт-унитазы, бачки, писсуары, умывальники, раковины формы «тюльпан»), представлен преимущественно в классическом варианте форм и белом цвете, что еще раз подчеркивает ориентированность предприятия на массового потребителя [35].

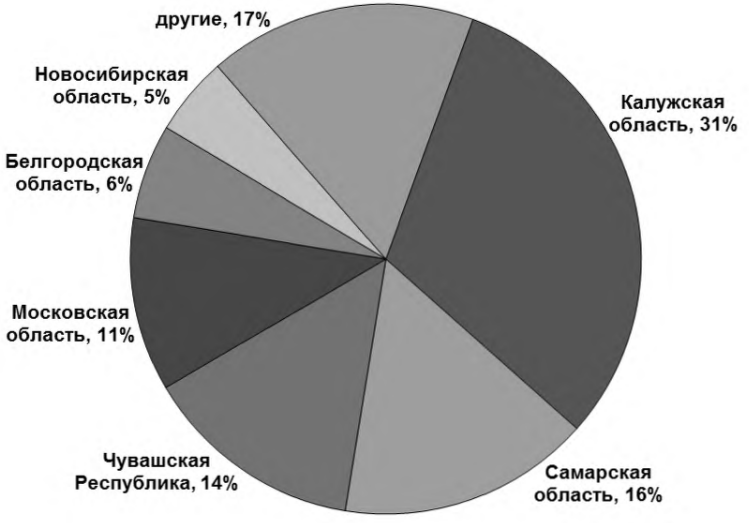

Рисунок 1.7 — Распределение производства санитарно-технических изделий из керамики по регионам Российской Федерации в 2011 году

Можно отметить предприятия, которые также успешно развиваются и находят своих потребителей [36]:

- ОАО «Завод керамических изделий» (г. Екатеринбург) мощностью более 600 тыс. изделий в год [37];

- ООО «Объединение строительных материалов и бытовой техники» («ОСМиБТ», г. Старый Оскол) мощностью 500 тыс. изделий в год [38];

- ЗАО «Завод «Стройфарфор» (г. Санкт-Петербург) — до недавнего времени единственный в Северо-Западном регионе производитель керамических санитарно-технических изделий экономкласса для массового потребителя. Завод ежегодно выпускает около 400 тыс. единиц керамических изделий и по объему занимает около 5 % российского рынка. Ассортимент выпускаемых изделий насчитывает более 20 моделей в различном цветовом исполнении [39]. Ассортимент продукции включает унитазы и бачки, различные модификации умывальников, а также пьедесталы для них. В настоящее время предприятие совершенствует существующие и разрабатывает новые модели продукции, учитывая в первую очередь современные тенденции дизайна [40]. Основная доля продукции завода реализуется в Северо-Западном регионе России, что позволяет обеспечить около 30 % потребности рынка. В 2006 году ЗАО «Завод «Стройфарфор» приобретен Группой ЛСР [41];

- ОАО «Волгоградский керамический завод» (г. Волгоград) производительностью 470 тыс. изделий в год [42];

- ООО «Завод керамических изделий «УНИВЕРСАЛ» (п. Дорогино, Новосибирская обл., ранее ЗАО «Новосибирский завод керамических изделий») проектной мощностью 60 тыс. изделий в год [43]. По данным официального сайта Администрации Черепановского района Новосибирской области, предприятие стабильно и динамично развивается, наращивая выпуск продукции [44].

Помимо отечественных предприятий, в России выпуск санитарно-технических изделий из керамики обеспечивают и производители, принадлежащие зарубежным компаниям. Так, в 2006 году в г. Тосно Ленинградской области открылся завод ООО «Рока Сантехника», который принадлежит уже упомянутой испанской Roca Group. Эта компания выпускает товары для ванных комнат. Проектная мощность «Рока Сантехника» в полтора раза превышает производительность крупнейшего до недавнего времени предприятия в регионе (ЗАО «Завод «Стройфарфор») и составляет 600 тыс. единиц продукции в год. Планируется, что в ближайшие годы она возрастет вдвое и составит до 1,2 млн единиц в год [45].

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029, утверждающим критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий, предприятия по производству санитарно-технических изделий из керамики могут быть отнесены к объектам категории I в том случае, если их производительность составляет 75 т в сутки и более. Вероятно, этот критерий будет уточнен, так как даже крупные производители санитарно-технических изделий из керамики выпускают не более 2 млн шт. изделий, что не превышает 50–60 т в сутки.

1.6 Посуда и декоративные изделия (хозяйственно-бытовая керамика)

Посуда из керамики в России выпускается на нескольких десятках предприятий. Ассортимент превышает 2500 наименований. Однако лишь несколько заводов в России имеют развитые системы менеджмента качества, постоянно обновляют линейку продукции. Самыми крупными российскими предприятиями по выпуску посуды и декоративных изделий являются Императорский фарфоровый завод в Санкт-Петербурге, «Кубаньфарфор» в Краснодаре, «Дулевский фарфор» и «Мануфактуры Гарднеръ в Вербилках» в Московской области.

Отечественные производители в основном выпускают столовую и чайную фарфоровую посуду. На эти виды в 2012 году пришлось 48,7 % и 42,9 % от общего объема производства соответственно, тогда как на долю кофейной и кухонной фарфоровой посуды пришлось 0,7 % и 7,7 % [46].

Несмотря на относительную стабильность рынка, его участники полагают, что производство фарфора в России переживает чрезвычайно трудные времена. Многие предприятия закрываются. В последние годы наблюдается падение объемов производства фарфоровой посуды, вытеснение ее импортной продукцией. Во времена СССР страна выпускала 864 млн единиц фарфоровой продукции (данные 1989 года) в год на 59 заводах [47]. Сегодня в России около десятка заводов, которые в своем большинстве работают примерно на 10 % от возможной производственной мощности; крупнейшие предприятия выпускают до 1 млн изделий в год.

Сокращение объемов производства обусловлено низкой конкурентоспособностью предприятий, которая, в свою очередь, вызвана во многих случаях применением устаревшего оборудования, отстающим от требований потребителя ассортиментным рядом продукции и ее высокой себестоимостью.

В 2008 году был закрыт Бугульминский завод, остановлены Туймазинский фарфоровый завод и Октябрьский фарфоровый завод, закрыт Конаковский фаянсовый завод.

Действующие по состоянию на 2015 год относительно крупные предприятия перечислены ниже в алфавитном порядке:

- ООО «Башкирский фарфор» (Октябрьский завод фарфоровых изделий), Октябрьский, Республика Башкортостан [48];

- АО «Гжельский фарфоровый завод», Новохаритоново, Московская обл. [49];

- производственный кооператив «Дулевский фарфор», Ликино-Дулево, Московская обл. [50];

- ОАО «Императорский фарфоровый завод», Санкт-Петербург [51];

- ЗАО «Кисловодский Фарфор — ФЕНИКС» (Кисловодский фарфоровый завод), Кисловодск, Ставропольский край [52];

- ООО ПКФ «Кубаньфарфор» (Краснодарский фарфоро-фаянсовый завод), Краснодар [53];

- «Мануфактуры Гарднеръ в Вербилках» (ЗАО «ФАРФОР ВЕРБИЛОК» и ООО «ДО ПРОМЫСЛЫ ВЕРБИЛОК»), Вербилки, Московская обл. [54];

- ООО «НПО Синь России», Гжель, Московская обл. [55];

- ООО «Фарфор Сысерти» (Сысертский завод художественного фарфора), Сысерть, Свердловская обл. [56];

- ЗАО «Южноуральский фарфор» (Южноуральский фарфоровый завод), Южноуральск, Челябинская обл. [57].

- ЗАО «Богдановичский фарфоровый завод» (Свердловская обл.), ЗАО «Первомайский фарфор» (Ярославская обл.) законсервированы; ОАО «Пролетарий» (Новгородская обл.), ОАО «Кузяевский фарфоровый завод» (Московская обл.) признаны банкротами [58].

В связи с тем, что действующие предприятия, выпускающие посуду и декоративные изделия (хозяйственно-бытовую керамику), характеризуются высокой энергоемкостью и типичными для производства керамических изделий факторами воздействия на окружающую среду, включение в справочник НДТ разделов, посвященных технологии производства и обсуждению НДТ в этой подотрасли, представляется целесообразным.

1.7 Техническая керамика (изоляторы)

Техническая керамика включает наиболее широкий перечень керамических материалов, разнообразных по своему назначению и свойствам: электроизоляторы, детали приборов электроники, в том числе пьезоэлектрики и феррогмагнетики, абразивы, конструкционную керамику и т. д. Значительная часть изделий технической керамики имеет двойное назначение, поэтому оценить объемы производства и динамику развития отрасли оказывается затруднительно. На основании открытой отчетности предприятий по производству технической керамики можно заключить, что годовой выпуск продукции составляет от 400 до 8000 т. С учетом специфики применения в настоящее время техническую керамику изготавливают в основном на заказ.

Наиболее массовым видом технической керамики являются керамические изоляторы. В настоящее время выпускается более 300 типов таких изоляторов, которые используются в разнообразных сферах деятельности и отраслях производства. Керамические изоляторы активно применяются в распределительных устройствах, электроустановках и электрических распределительных устройствах, железнодорожных сетях и других видах электрооборудования. Проекты многих современных линий электропередач подразумевают установку штыревых и опорных фарфоровых изоляторов.

В последние годы керамические изоляторы во многих областях применения постепенно замещаются стеклянными и полимерными, также на динамику производства керамических изоляторов негативно влияет появление на рынке изоляторов производства КНР [59]. Поэтому производство постепенно снижается; так, в 2007 году прекра-

щен выпуск фарфоровых изоляторов на заводе «Изолятор» (Москва), в июле 2015 года приостановлена работа цеха по производству фарфоровых изоляторов на ОАО «Южноуральский арматурно-изоляторный завод».

Основные действующие в России предприятия по производству технической керамики приведены в таблице 1.3.

Для производства изделий технической керамики наиболее широко применяются фарфоровые, глиноземистые и высокоглиноземистые массы с содержанием оксида алюминия не менее 70 % и 90 % соответственно. Выпускается также кордиеритовая, стеатитовая, муллитокремнеземистая керамика, диоксидциркониевая керамика, керамика на основе сложных оксидных соединений. Существуют производства изделий из тугоплавких бескислородных соединений (карбидов, боридов, нитридов металлов).

В проекте постановления Правительства Российской Федерации, утверждающего критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий, производство технической керамики не выделено отдельной строкой, но можно ожидать, что крупнейшие предприятия этой подотрасли будут отнесены к объектам I категории обязанным получать комплексные экологические разрешения.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029, утверждающим критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий, предприятия по производству технической керамики могут быть отнесены к объектам категории I в том случае, если их производительность составляет 75 т в сутки и более. Возможно, этот критерий будет уточнен в результате поэтапного перехода к нормированию предприятий на основе наилучших доступных технологий в Российской Федерации.

Таблица 1.3 — Действующие предприятия по производству технической керамики по состоянию на 2015 год (по материалам [60], с изменениями)

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
ООО «Научно-производственный центр «ЗКЧ»	Москва	Керамика для закалочно-отпускных агрегатов; циркулярные насадки; керамика для помольного оборудования; таблеты для напыления зеркал; диффузные отражатели; запорные вкладыши автомобильных кранов отопителя	gost.e-ecolog.ru
ЗАО «НТЦ «БАКОР»	Москва	Керамические фильтрующие элементы из пористой проницаемой керамики для фильтрации металлургических концентратов, агрессивных жидкостей, горячих газов; фильтровальные установки на основе керамических фильтрующих элементов; керамические аэраторы; коррозионно-стойкие огнеупорные изделия сложной геометрической формы; высокотемпературные термостойкие тигли и фасонные изделия	gost.e-ecolog.ru

Продолжение таблицы 1.3

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
ООО «НПО «Термокерамика»	Москва	Печная керамика (держатели для нагревателей, трубки со спиральной нарезкой, печные керамические элементы); тигли (цилиндрические, конические, толстостенные, со спиральной нарезкой), тигли-лодочки, капсели, поддоны, бомзы (подставки), пластины; втулки керамические; трубки керамические высокотемпературные; керамические изоляторы; керамические сопла различного назначения; мелющие тела (шары, цильпебс); теплоизоляция и огнеупоры специального назначения	gost.e-ecolog.ru
ОАО «Гжельский завод «Электроизолятор»	Московская обл.	Высоковольтные и низковольтные изоляторы; предохранители; контакты; огнеупорная оснастка из самосвязанного карбида кремния	gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Продолжение таблицы 1.3

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
ЗАО «Электрокерамика»	Московская обл.	Электрокерамика и изоляторы; изделия для работы в агрессивных средах, химически стойкая керамика; шары фарфоровые и высокоглиноземистые для работы в химических реакторах в качестве подложки под катализаторы и для распределения потоков продуктов горения; теплоносители керамические и контактные тела для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности; катализаторы и носители катализаторов; сотовая керамика для химических реакторов и в качестве носителей катализаторов; фильтры керамические и сорбенты; износостойкая керамика; термостойкая керамика для электропечей и других нагревательных устройств и для сварочных процессов; керамика для горелок беспламенного горения природного газа; трубки керамические; мелющие тела; галтовочные тела на основе керамики	gost.e-ecolog.ru
ООО «Завод технической керамики»	Московская обл.	Керамические режущие сменные многогранные пластины; керамические изоляторы, трубки, чехлы, бусы, соломка; сопла и насадки, волоки, глазки, направляющие; регулирующая и запорная арматура из керамики; керамические подшипники; керамические ножи	gost.e-ecolog.ru .ru

Продолжение таблицы 1.3

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
ОАО «Речицкий фарфоровый завод»	Московская обл.	Химико-лабораторная посуда из фарфора; электротехнический фарфор; наполнители каталитических колонн; формы для изготовления резинотехнических изделий; трубки муллито-кремнеземистые	gost.e-ecolog.ru
АО «Корниловский фарфоровый завод «ИЗОЛЯТОР»	Санкт-Петербург	Изоляторы керамические опорные армированные для работы в помещении; проходные армированные для наружно-внутренней установки, работы в помещении, экранированных токопроводов; изоляторы опорные для воздушных выключателей; покрышки и изоляторы керамические неармированные различного назначения	gost.e-ecolog.ru
ООО ЗТФ «Фаркос-1»	Санкт-Петербург	Лабораторная химическая посуда из технического фарфора	gost.e-ecolog.ru
ООО «Вириал»	Санкт-Петербург	Подшипники скольжения и узлы подшипников скольжения; кольца торцовых уплотнений; абразивоструйные сопла; защитные пластины	gost.e-ecolog.ru
ОАО «ОНПП «Технология»	Калужская обл.	Материалы и изделия для авиакосмической отрасли	gost.e-ecolog.ru ult.aspx
ЗАО «Экон»	Калужская обл.	Газоанализаторы кислорода	gost.e-ecolog.ru u

Продолжение таблицы 1.3

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
ОАО «ПОЛИКОР»	Иванов-ская обл.	Корундовые изолирующие подложки для интегральных схем;, изоляционная вакуумплотная корундовая керамика; изоляторы керамические муллитокорундовые и корундовые; сопла для аппаратов аргонодуговой сварки; корундовые мелющие тела; огнеупорные порошки, мертели, заполнители; огнеупорные материалы и изделия специального назначения	gost.e-ecolog.ru t
ХК ОАО «НЭВЗ-Союз»	Новоси-бирск	Керамические подложки, корпусы и изоляторы; бронепласти-ны, бронеплиты; керамические трубки; мелющие тела	gost.e-ecolog.ru
ОАО «ЭЛИЗ» (ранее Пермский завод высо-ковольтных электроизо-ляторов) с филиалом (ранее Великолукский завод технического фарфора ООО «ВЗЭФ»)	Перм-ская обл., Псков-ская обл.	Изоляторы для контактной сети электрифицированных желез-ных дорог; изоляторы для энергетического комплекса Россий-ской Федерации и стран СНГ; изоляторы и изделия из электро-технического фарфора различного назначения	gost.e-ecolog.ru
ООО НПП «ЛИТНИК»	Республика Марий Эл	Изоляторы (горячее литье, прессование); вакуумплотная ко-рундовая керамика; муллитокорундовые огнеупоры	gost.e-ecolog.ru
ООО «ФЭТА»	Республика Марий Эл	Проходные изоляторы; высоковольтные изоляторы; керамиче-ские каркасы; установочная керамика	gost.e-ecolog.ru

Продолжение таблицы 1.3

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
АО «Завод полупроводниковых приборов»	Республика Марий Эл	Корпусы интегральных схем различных типов (DIP, CFP, LLCC, PGA, LCC); основания типа DIP; оптоэлектронные корпусы — держатели керамические индикаторные; платы металлокерамические нагревательные	gost.e-ecolog.ru
ОАО «Андреапольский фарфоровый завод»	Тверская обл.	Изоляторы опорные внутренней установки (1–3 кВ, 3–6 кВ, 6 кВ, 10 кВ, 6–12 кВ); изоляторы опорные для установки под навесом (10 кВ); изоляторы штыревые и опорно-стержневые; изоляторы проходные; изоляторы такелажные; изоляторы для низковольтных устройств; изоляторы для различных установок; изоляторы для электротранспорта (электровозов, поездов метрополитена, электропоездов); трубки керамические (фарфоровые); керамические корпусы для предохранителей (до 500 В); изоляторы антенные	gost.e-ecolog.ru

Продолжение таблицы 1.3

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
ОАО «Донской завод радиодеталей»	Тульская обл.	Керамические, металлокерамические и стеклокерамические корпусы для сборки и защиты интегральных схем; металлокерамические корпусы для сборки и защиты силовых полупроводниковых элементов; изоляторы диаметром из вакуумплотной керамики для электротехнических изделий; керамические изоляторы для автомобильных свечей зажигания; керамические носители катализаторов	gost.e-ecolog.ru
АО «Чепецкий механический завод»	Удмуртская Республика	Керамические изделия на основе частично и полностью стабилизированного диоксида циркония (твердые электролиты пробирочного и таблеточного типа, тигельная продукция, детали струйной мельницы, сопла для пескоструйной и дробеструйной обработки, мелющие тела цилиндрической формы)	gost.e-ecolog.ru

Продолжение таблицы 1.3

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
ОАО «Южноуральский завод радиокерамики»	Челябинская обл.	Трубки и стержни для резисторов и изоляторов; изоляторы для тэн; керны керамические для изготовления кирпича; тигли, лодочки для определения зольности и сжигания; мелющие тела; штуцер-дроссели; пластины керамические; изоляторы для электротехнических изделий; носители для катализаторов; циркониевая керамика; комплекты изоляторов для МПС; основания для непроволочных резисторов; плитки керамические для инфракрасного излучения; шамотный, алундовый огнеприпас	gost.e-ecolog.ru
ОАО «Южноуральский арматурно-изоляторный завод» — цех приостановлен	Челябинская обл.	Фарфоровые изоляторы, в том числе армированные (штыревые, опорные, опорно-штыревые, проходные, стержневые); изделия фарфоровые различного назначения (половая плитка для предприятий, для намотки нагревательных элементов печей сопротивления — стержни и трубки и т. д.); высокоглиноземистые мелющие тела — цилиндры; фасонные изделия для кладки и ремонта печей и теплоагрегатов (горелочные камни, плиты, шайбы, трубки); фарфоровые массы (электротехнические, хозяйственные)	gost.e-ecolog.ru

Окончание таблицы 1.3

Наименование предприятия	Регион	Продукция	Источник информации
ЗАО «Кировская керамика»	Калужская обл.	Производство глиноземистых высокопрочных мелющих тел-цилиндров из уралита	gost.e-ecolog.ru oduct s/tekhnicheskaya-keramika/

1.8 Экологические аспекты производства керамических изделий и воздействие предприятий отрасли на окружающую среду

В официальных документах федерального уровня воздействие крупных предприятий по производству керамических изделий на окружающую среду (ОС) отражено в позициях «Производство строительных материалов» (2000–2006 годы), «Обрабатывающие производства» (2007–2013 годы), в том числе «Производство прочих неметаллических минеральных продуктов» (2007–2013 годы) [61]. Производство огнеупоров также могло получить отражение в разделе «Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий».

Раздел «Влияние основных видов отраслей экономической деятельности на состояние окружающей среды», присутствовавший в Государственном докладе за 2011 год (равно как и в более ранние годы) [62], в Государственные доклады за 2012 и 2013 годы уже не включен [63], [64].

В докладах о состоянии ОС, подготовленных в субъектах федерации, в ряде случаев приводятся более детальные сведения о предприятиях — загрязнителях ОС. В некоторых докладах присутствуют данные о валовых выбросах загрязняющих веществ (ЗВ), о суммарных объемах сточных вод, поступивших в поверхностные объекты, об образовании отходов и нарушении земель.

Предприятия по производству керамических изделий расположены практически во всех субъектах Российской Федерации: для производства требуются общераспространенные полезные ископаемые, перевозки некоторых видов продукции на дальние расстояния оказываются нерентабельными. Известно, например, что территориальный разброс производства кирпича по стране неравномерен, но степень неравномерности умеренная. Большая часть (30 %) приходится на Приволжский федеральный округ. Практически столько же (29 %) производится кирпича в Центральном федеральном округе. Около 15 % выпускают предприятия активно развивающегося Южного федерального округа. Три округа — Сибирский, Уральский и Северо-Западный — производят каждый по 8 % — 9 % от общего выпуска по стране [65]. Производство огнеупоров сосредоточено главным образом в Уральском федеральном округе [24], однако, вероятно, в связи с размещением в этом округе большого числа крупных металлургических предприятий в докладах о состоянии ОС, подготовленных в Челябинской и Свердловской областях, предприятиям по производству огнеупоров уделено незначительное внимание.

Тем не менее, некоторые крупные компании, выпускающие керамические стеновые материалы и огнеупоры, включены в перечень основных загрязнителей ОС в ряде регионов России. При описании факторов воздействия обсуждаемых предприятий на ОС отмечается, в частности, рост выбросов ЗВ в воздух в период 2009–2011 годов в ряде регионов (упоминаются выбросы пыли, оксидов серы и азота), а также, в некоторых случаях, увеличение количества отходов производства и нарушение земель (связанное в том числе и с тем, что многие компании занимаются не только производством продукции, но и добычей полезных ископаемых). Вместе с этим в региональных докладах о состоянии ОС отмечается, что ряду предприятий удалось усовершенствовать технологические процессы, внедрить новую средозащитную технику, сократить потребление воды (в том числе в производстве огнеупоров).

На местах (в управлениях Росприроднадзора по соответствующим субъектам федерации) осуществляется как разрешительная, так и инспекционная деятельность, накапливаются сведения о воздействии регулируемого сообщества в целом и предприятий по производству керамических изделий в частности на ОС. Считается, что площадки европейских производителей керамических изделий, функционирующие в России, реализуют те же технологические процессы и методы минимизации негативного воздействия на ОС, что действуют в ЕС. Верифицировать данное предположение можно, только посещая и обследуя производственные площадки, так как ни в отчетах об оценке воздействия на ОС, ни в разрешительной документации такие сведения, как правило, не обсуждаются [66]. В аналитических материалах (отчетах и докладах о состоянии ОС регионального уровня) сведения о воздействии керамических производств получают отражение в чрезмерно обобщенном виде: приводятся общая масса выбросов ЗВ или общий объем сбросов сточных вод, в редких случаях — доли крупнейших предприятий в формировании выбросов, сбросов и отходов (по республике, области, краю).

Обоснования разрешительной документации включают расчеты, выполненные в соответствии с установленными требованиями [67], и в некоторых случаях результаты измерений концентраций приоритетных загрязняющих веществ [пыли, монооксида углерода (CO), оксидов азота (NO_x)]. При подготовке разрешительной документации и обосновании удельных выбросов, сбросов ЗВ и образования отходов используются методики, сформированные в 90-е годы и не всегда отражающие современное состояние отечественных предприятий [68], [69]. Основное (актуализированное) издание — Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов (загрязняющих) веществ в атмосферу (2012 год) — содержит раздел, описывающий особенности

отдельных отраслей промышленности, однако не включает сведений, относящихся собственно к производству керамических изделий [67].

Число диссертационных работ, даже косвенно затрагивающих вопросы исследования воздействия и состояния ОС в зонах влияния производств силикатных материалов, весьма незначительно. Однако результаты сравнительного анализа экологической результативности предприятий по производству керамических изделий (в том числе сопоставления параметров загрязнения ОС) в большинстве рассмотренных работ 1999–2014 годов не представлены [70] — [78].

В странах ЕС крупные предприятия по производству керамических изделий подпадают под действие Директивы о промышленных эмиссиях 2010/75/ЕС [79]. Это означает, что они обязаны подтверждать соответствие требованиям наилучших доступных технологий и получать комплексные экологические разрешения. Такое решение вызвано в первую очередь тем, что химико-технологические процессы производства керамики являются высокотемпературными и потребляют значительное количество топлива и сырьевых материалов. Сведения о потреблении ресурсов (и прежде всего энергии) и факторах воздействия на ОС предприятий по производству керамических изделий систематизированы в справочном документе ЕС по наилучшим доступным технологиям производства керамических изделий [80].

Результаты пилотных проектов, выполненных в 2008–2014 годах, свидетельствуют о том, что в таких подотраслях, как производство кирпича, плитки, санитарно-технических изделий, большинство технологических, технических и управленческих решений, а также технологических показателей, представленных в справочном документе ЕС, достаточно четко отражает практику и результаты работы передовых российских предприятий [3], [4], [9], [81], [82], [83].

Таким образом, при оценке типичных для России уровней выбросов загрязняющих веществ, характеристик обращения с производственными сточными водами и отходами в производстве керамических изделий члены ТРГ-4 использовали результаты анкетирования отечественных предприятий, материалы научно-исследовательских работ и учебно-методических изданий, а также учитывали сведения, приведенные в справочном документе ЕС (см. раздел 3 «Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве керамических изделий»).

Раздел 2. Описание технологических процессов, используемых при производстве керамических изделий

Данный раздел подготовлен специалистами в химической технологии керамики с использованием отечественных и зарубежных (прежде всего справочника ЕС по НДТ «Производство керамических изделий» (далее — справочник ЕС)) источников информации.

2.1 Технологические процессы и способы производства керамических изделий

Керамику изготавливают из различных видов сырья, формуют различными способами, обжигают в печах разных типов, готовые изделия имеют разнообразную форму, размеры и цвет. Основные этапы производства изделий из керамики (технологические переделы) одинаковы для всех ее видов и включают массоподготовку (объединяет подготовку сырьевых материалов и формовочных масс), формование, сушку, обжиг (однократный или многократный, в зависимости от вида изделия) и послеобжиговую обработку. Для изделий хозяйственно-бытового назначения, художественной керамики, санитарно-технических изделий и некоторых видов строительной керамики отдельной стадией является декорирование, которое может включать в себя ангобирование, глазурование и нанесение рисунков.

В настоящем разделе представлена общая технология керамики, характерные технологические аспекты производства изделий в различных подотраслях рассмотрены далее (см. подразделы 2.2–2.7)

2.1.1 Сырьевые материалы

В технологии производства керамических изделий применяют разнообразные сырьевые материалы, как природного, так и искусственного происхождения. Большинство таких материалов добывают и производят на территории России, некоторые виды сырья поставляют из-за рубежа.

Сырье для производства керамики по происхождению можно подразделить на две основные группы: природное и искусственное. Природное сырье после добычи направляют непосредственно в производство, при необходимости его предварительно сортируют, усредняют, обогащают. Искусственное сырье, отличающееся повышенным

качеством и чистотой, получают в результате глубокой, в первую очередь химической, переработки природных либо других искусственных материалов.

Сырье для производства керамики условно подразделяют на основное и вспомогательное. Основное сырье преобладает по содержанию и в значительной степени определяет технологические свойства перерабатываемой массы, внешний вид и технические данные готового изделия. Вспомогательное сырье регулирует технологические свойства исходных масс, способствует оптимизации технологических процессов, снижает температуру обжига, улучшает отдельные характеристики готового продукта. Сырье может быть основным или вспомогательным в зависимости от технологии производства конкретного изделия. В качестве основного сырья может быть использован как один материал, например глинозем (Al_2O_3) для изготовления корундовой керамики, так и несколько компонентов, например: глина, кварцевый песок и полевой шпат для производства фарфоровых изделий [84], [85].

Глинами называют тонкодисперсные осадочные горные породы, состоящие в основном из гидроалюмосиликатных минералов и способные при замачивании водой образовывать легкодеформируемую пластичную массу, которая при высыхании сохраняет приданную ей форму, а после обжига приобретает камнеподобное состояние. Кроме гидроалюмосиликатов, в глинах присутствуют различные примеси [86].

Глины являются главным, а в ряде случаев единственным компонентом формовочных масс в производстве керамического кирпича, плитки, шамотных огнеупоров, посуды, санитарно-технических изделий; в то же время глины используют как добавку в технологии карбидкремниевых огнеупоров, муллитокорундовой, стеатитовой, форстеритовой, кордиеритовой и других видов керамики. В состав масс для производства изделий на основе глин могут входить один или несколько ее видов, а также так называемые отощающие — непластичные компоненты (измельченный кварц, полевой шпат и др.) [87].

Глины или глинистые породы (осадочные и сланцевые глины, тяжелые суглинки) в основном применяют в производстве кирпича. Органические добавки (опилки, отходы целлюлозно-бумажного производства) и неорганические вспомогательные вещества (кизельгур, перлит) вводят в изделия для увеличения объема пор. При производстве лицевого кирпича для получения требуемой окраски в формовочную массу вводят оксиды металлов (MnO_2, TiO_2, Fe_2O_3), хромиты, а также известняк ($CaCO_3$), доломит ($CaMgCO_3$). Карбонат бария ($BaCO_3$) добавляют для уменьшения высолов. В случаях аномально высокого содержания соединений серы в глине (свыше 0,5 %) в формовочную массу добавляют также известь ($CaCO_3$) для связывания оксидов серы с целью

уменьшения их выбросов в атмосферу. Эти добавки вводят в твердом виде непосредственно перед формованием или в процессе массоподготовки [88].

Керамическая плитка, хозяйственно-бытовая и санитарная керамика состоят главным образом из алюмосиликатов, основным компонентом сырьевых смесей при их производстве служат пластичные глины.

В состав сырьевых смесей для производства огнеупоров входят глина, шамот [(прокаленная) обожженная и измельченная пластичная глина)], некоторые природные минералы (кварцит, доломит, боксит, магнезит), а также искусственные материалы (корунд, карборунд и шпинель). Для получения формовочных масс к измельченному сырью добавляют связки и заполнители [84].

Выбор глин для конкретного производства обусловлен их технологическими свойствами, которые определяются их минеральным, химическим и зерновым составами [89].

В качестве отощителей и плавней (последние предназначены для снижения температур спекания различных масс и растекания глазурей) широко применяют кварц, полевые шпаты, в некоторых случаях — мел, доломит, волластонит, стеатит и др.

Так называемую техническую керамику, в которой доля глинистых компонентов может быть мала или вовсе отсутствовать, изготавливают из масс на основе искусственно получаемых оксидов и бескислородных соединений Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr и других металлов. Типичными примерами здесь выступают Al_2O_3 (глинозем), MgO (периклаз), SiC (карбид кремния), Si_3N_4 (нитрид кремния) и AlN (нитрид алюминия) [90], [91], [92].

Кроме перечисленных основных сырьевых материалов и вспомогательных веществ, для производства керамических изделий необходимы временные технологические связки, огнеприпас для обжига изделий, топливо. В качестве связок в процессе формования применяют растворы полимеров и масла. Огнеприпас представляет собой огнеупорные капсели, плиты и стойки многоразового использования [84], [91].

2.1.2 Общее описание производственного процесса

В соответствии с общей схемой производства сырьевые материалы смешивают, затем полученной массе прессованием, способами пластического формования или шликерного литья придают заданную форму. Для улучшения качества смешения и формования обычно используют воду, которая затем испаряется при сушке. Далее изделия загружают в печь (в случае печей периодического действия) либо пропускают через непрерывно действующую роликовую или туннельную печь (в последнем случае

изделия предварительно помещают на вагонетки). В производстве шамота применяют вращающиеся печи.

В процессе обжига происходит необратимое изменение структуры материала, поэтому необходимо обеспечить правильный режим термообработки: скорость нагревания, продолжительность выдержки при максимальной температуре, скорость охлаждения. Важный фактор получения требуемых свойств изделий — правильно выбранная среда обжига. Готовую продукцию упаковывают и отправляют на склад до отгрузки потребителям.

Ниже описаны основные участки производства керамических изделий, а также переделы и варианты реализации технологического процесса [93] — [96].

2.1.3 Основные участки производства керамических изделий

2.1.3.1 Хранение и транспортировка сырья в пределах производственной площадки

Добычу глины, каолина, глинистых материалов, полевого шпата, кварца и большинства других видов сырья ведут открытым (в карьерах) или закрытым (в шахтах) способом, в ряде случаев, в частности в Московском регионе, глину добывают по берегам расположенных рядом с предприятием рек. Доставку сырья на предприятие осуществляют автомобильным либо железнодорожным транспортом.

Сырье в зависимости от его свойств и того, на какой стадии процесса оно применяется, хранят в открытых буртах или на складах, подразделяемых на боксы, крупнотоннажные питатели, смесительные, вылежные, раскислительные и сухие силосы. Некоторые материалы (например, глазури, фритты, каолины высокой степени обогащения) поставляются на предприятия упакованными в «биг-бэги».

Для производства кирпича и плитки на предприятии необходимо хранить значительное количество глины и минерального сырья, которое часто размещают на открытой площадке. В ряде случаев, особенно при пластическом формовании, такое хранение в течение нескольких месяцев улучшает рабочие свойства глин. Этот технологический прием называется «раскисление» (летование) и особенно эффективен при хранении глин в течение нескольких сезонов [85].

Оборудование для транспортировки внутри производства выбирают, исходя из таких параметров, как зернистость материала, его насыпная плотность, сыпучесть, температура и влажность, требуемая производительность и доступные площади. Для перемещения кусковых и зернистых материалов применяют такие виды транспортных

устройств, как ковшовые элеваторы, цепные, шнековые и пневмоконвейеры, тележки и кюбели. Шликеры и жидкие материалы подают по шликеропроводам или используют емкости, установленные на транспортных средствах. Полуфабрикаты и готовые изделия перемещают на тележках, в том числе многоярусных, ленточных конвейерах [85], [92], [95].

Основными факторами воздействия на окружающую среду на данном технологическом участке оказываются организованные (устройства хранения) и неорганизованные (устройства перемещения) источники пыли, а также шум от работающего оборудования и техники. На этом участке возможно образование производственных отходов, часть которых может быть возвращена в технологический процесс.

2.1.3.2 Подготовка сырьевых материалов

2.1.3.2.1 Первичное и вторичное дробление, измельчение и рассев

Грубое первичное дробление глин производят при помощи валковых дробилок и бегунов раздавливанием и истиранием.

Валковые дробилки широко применяют в технологии грубокерамических изделий для измельчения, выравнивания и гомогенизации глиняных частиц. Пары гладких параллельных друг другу роликов из закаленной стали вращаются по направлению друг к другу, сминая и расплющивая подаваемый между ними материал. Размер частиц определяется величиной зазора между валками.

Каменистое хрупкое твердое сырье, применяемое, например, в производстве огнеупорных изделий, измельчают при помощи щековых или конусных дробилок, принцип действия которых основан на сжатии и изломе кусков материала между подвижной и неподвижной твердой поверхностью щеки или конуса.

Используют также молотковые дробилки, в которых измельчение достигается за счет ударного воздействия: куски подаваемого в дробилку материала разбиваются при соударении с быстро вращающимися молотками.

Бегуны мокрого и сухого помола используют для дробления и грубого помола более пластичных материалов. Бегуны с перфорированным подом обеспечивают получение частиц строго определенного размера, бегуны мокрого помола также позволяют смешивать глину с вводимой водой.

Ножевые глинорезки применяют при подготовке пластичного сырья. Глинорезки представляют собой бункер с вращающимся днищем, в котором под углом установле-

ны ножи. Куски глины выходят из отверстий, расположенных под ножами, в виде стружки [92].

2.1.3.2.2 Сухой или мокрый помол (измельчение)

Описанный выше процесс дробления позволяет получать частицы размером более 0,5 мм. Для производства большинства видов изделий необходимо дальнейшее уменьшение размеров частиц. Тонкий помол обычно производят в шаровых мельницах непрерывного или периодического действия, представляющих собой горизонтально расположенный вращающийся барабан с перекатывающимися и падающими мелющими телами из износостойкой керамики или кварцевой гальки.

2.1.3.2.3 Сухой рассев (воздушная классификация)

Для улучшения определенных свойств керамики (например, плотности) зачастую необходимо смешивать порошки с различным размером частиц. При сухом рассеве используют вибросита, вращающиеся барабанные сита, в том числе с электроподогревом, во избежание их засорения.

Также для разделения частиц по крупности применяют воздушные сепараторы и классификаторы на основе циклонов. В обоих случаях слишком крупные частицы возвращают на стадию измельчения [94].

2.1.3.2.4 Распылительная сушка

Этот прием обезвоживания и гранулирования широко распространен в производстве керамической плитки, технической керамики и огнеупоров. Суспензию материала после мокрого помола в шаровой мельнице (содержание твердой фазы порядка 60 % — 70 %) распыляют под давлением в виде мелких капель в башне, которая нагревается газовыми горелками до температуры 350 °С — 500 °С. При высыхании капель суспензии образуются узко фракционированные гранулы более или менее сферической формы с влагосодержанием от 5,5 % до 7 %; полученный порошок обладает хорошей сыпучестью и обеспечивает лучшее заполнение пресс-форм [16].

2.1.3.2.5 Прокаливание

Ряд сырьевых материалов для улучшения свойств подвергают предварительному прокаливанию (обжигу) во вращающихся, туннельных или шахтных печах. К примеру, некоторые сырьевые материалы (доломит, магнезит) для производства ог-

неупоров необходимо обжигать при повышенных температурах (более 1800 °С). Применение прокаленных глин (например, каолина) уменьшает усадку заготовок, способствуя более точному соблюдению размеров изделия и ускорению обжига. В некоторых производствах обжигом гранул глины во вращающихся печах получают шамот.

2.1.3.2.6 Искусственное сырье

Следует отметить, что, хотя некоторые виды искусственных материалов (например, карбид кремния) поставляются специализированными компаниями, подобное сырье чаще всего необходимо подвергать измельчению.

2.1.3.2.7 Фритты и глазури, приготовление глазурей

При производстве керамической облицовочной и напольной плитки применяют стеклообразные сырьевые материалы (фритты). Фритты — это стекловидные компоненты, нерастворимые в воде и получаемые из кристаллических веществ плавлением (остекловыванием) при повышенных температурах (до 1500 °С) с последующей закалкой. Фритты поставляют на предприятия по производству керамической плитки специализированные фирмы-производители.

Помимо фритт основными компонентами глазурей, используемых в производстве плитки, посуды и других изделий, являются кремнезем (стеклообразователь), флюсы (соединения щелочных и щелочно-земельных элементов, оксиды бора, свинца и др.), глушители (соединения циркония, титана и т. д.) и красители (железо, хром, кобальт, марганец и т. п.).

Помимо фритт основными компонентами глазурей являются кремнезем и полевой шпат (стеклообразователи), флюсы (соли и оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, бора, свинца и др.), глушители (цирконий, титан и т. д.); кроме того, основным компонентом любой керамической глазури является каолин, выполняющий роль стабилизатора реологических свойств и предотвращающий осаждение частиц глазури.

При приготовлении глазурей фритту и добавки измельчают в шаровой мельнице периодического действия до получения заданной величины остатка на сите, пропускают через вибросита и путем введения различных добавок регулируют характеристики глазурной суспензии в соответствии с принятым способом нанесения глазури.

Составы глазурей в зависимости от вида и свойств готовой продукции, температуры обжига конечных изделий, а также желаемых эффектов могут быть различными [84], [91].

2.1.3.3 Смешивание компонентов и получение формовочных масс

Продолжительность, порядок и интенсивность смешения оказывают значительное влияние на свойства массы и, следовательно, конечного продукта. Подготовленные сырьевые материалы в заданном соотношении — шихту смешивают и гомогенизируют до получения требуемой однородности смеси. В различных отраслях производства керамических изделий смешивание может быть как непрерывной высокопроизводительной операцией, так и тщательно контролируемым периодическим процессом, проводимым в небольших масштабах. Дозирование может быть объемным (например, при помощи устанавливаемых на ленточном конвейере ящичных питателей) и массовым (при помощи винтовых питателей, связанных с весовым транспортером).

Для большинства операций по формованию применяют массы с определенным содержанием воды или связки. Такие добавки, как пигменты, пеногасители и связующие, также необходимо тщательно распределять. При производстве огнеупоров свойства некоторых видов изделий оптимизируют путем подбора зернового состава шихты. В настоящее время широко применяют автоматическое дозирование при помощи питателей с электронным управлением, что позволяет быстро регулировать состав массы [84], [88].

Смесители непрерывного действия. Двухвальные смесители широко распространены в технологии кирпича и огнеупоров и представляют собой корыта, где установлены вращающиеся навстречу друг другу валы. На валах под углом жестко закреплены лопасти. Расположение лопастей на вращающихся валах обеспечивает интенсивное перемешивание и продвижение массы к разгрузочному отверстию.

Для глубокого перемешивания глины с водой и вводимыми добавками применяют бегуны, их действие было описано выше. При сухом смешении обычно вращается под, а ось катков (тяжелые стальные или гранитные колеса холостого хода) неподвижна; при мокром — под неподвижен, а катки вращаются вокруг вертикальной оси.

Смесители периодического действия. Для подготовки пластичных масс также используют Z-образные смесители. Эти смесители могут применяться и для более сухих порошков.

Барабанные смесители применяют для перемешивания достаточно сухих материалов с частицами примерно одинакового размера. После загрузки барабан вращают в течение необходимого времени. Чаще всего в роли барабанных смесителей выступают шаровые мельницы.

Смесители с вращающейся чашей действуют по тому же принципу, что и большие бетономешалки. Их загрузку индивидуальными компонентами в отмеренных количествах производят во время вращения чаши, для более глубокого перемешивания используют скребки, лопатки и экраны. В подобных смесителях перемешивают гранулированную глину с высокодисперсными порошками.

Смесители-бегуны представляют собой устройства с неподвижной чашей и вращающимся центральным валом, на котором установлены лопасти или катки, совершающие планетарное движение по дну чаши. Эффективность смешения в этих устройствах такая же, как и в смесителях с вращающейся чашей.

Смесительные бассейны, оснащенные лопастными или пропеллерными мешалками, применяют для смешивания различных видов литьевых шликеров и суспензий. Хотя в состав шликеров обычно вводят стабилизаторы, перемешивание в смесительном бассейне или в резервуаре для хранения шликера необходимо продолжать во избежание образования осадка [88], [95], [96].

При подготовке сырьевых материалов возможно образование эмиссий различного характера. Прежде всего сюда относятся организованные и неорганизованные выбросы пыли, связанные с работой измельчительного и смесительного оборудования. В случае применения «мокрых» способов подготовки сырья и масс возможно образование производственных сточных вод. Процессы, предполагающие тепловую обработку сырья или масс (прокаливание, распылительная сушка), могут сопровождаться выбросами газообразных веществ в результате как сгорания топлива, так и физико-химических превращений, протекающих в самом материале. Значимым фактором на этом переделе также оказывается шум. Образующиеся на данной стадии производственные отходы практически полностью возвращаются в технологический процесс, за исключением отработанных узлов и деталей оборудования (фильтры, мелющие тела и пр.), которые требуют иных решений (в ряде случаев и размещения на полигонах).

2.1.3.4 Формование изделий

Изделия традиционной керамики всегда формовали из сырьевых материалов, находящихся в пластичном состоянии, и в течение нескольких тысячелетий эту операцию выполняли вручную. В настоящее время применяются строгие требования к таким свойствам изделий, как постоянство размеров, плотность, прочность, долговечность, термостойкость и т. д. В некоторых случаях на первый план выходят также эстетические качества. Способ формования заготовок оказывает большое влияние на свойства

конечного продукта, поэтому в различных отраслях производства керамических изделий возникло множество приемов формования [84], [91].

2.1.3.4.1 Полусухое прессование

Прессование на механических прессах. Механические прессы до сих пор применяют при изготовлении кирпича (полусухое прессование) и огнеупоров. В форму загружают определенный объем пресс-порошка и прикладывают давление сверху и снизу, движение штампов осуществляется эксцентриком при помощи тяжелых маховиков.

Прессование на фрикционных прессах. Механические фрикционные (винтовые) прессы применяют в основном при производстве огнеупоров, хотя их постепенно вытесняют гидравлические прессы.

Прессование на гидравлических прессах. Современные гидравлические прессы обеспечивают высокое усилие сжатия, хорошую производительность, постоянное качество и легко поддаются настройке. Многие модели прессов оборудуют электронными устройствами контроля, которые позволяют контролировать высоту заготовок и автоматически изменять режим работы пресса для обеспечения постоянства размеров. Такие прессы несложно регулировать для удовлетворения различных требований, включая прессование по программируемым режимам, применяемое при изготовлении огнеупорных изделий сложной формы. Гидравлические прессы широко используют при формовании плоских изделий. При производстве керамической плитки увлажненный порошок (влагосодержание 5 % — 7 %) прессуют в неглубоких формах. Давление прессования составляет 25–45 МПа для производства строительной керамики и до 100 МПа для производства некоторых видов технической керамики.

Ударное прессование (трамбование). Трамбование представляет собой высокоэнергетическое формование путем пневмомеханического высокоскоростного удара штампом по засыпанному в форму порошку. Этот прием обычно используют при производстве специальных огнеупорных изделий.

Изостатическое прессование. Некоторые виды изделий сложной формы высокого качества требуют равномерного уплотнения, добиться которого можно путем приложения давления со всех сторон заготовки. При использовании пресса-изостата порошок загружают в полости между металлической или пластмассовой формой и герметичной резиновой оболочкой. Давление на порошок передают через жидкость (воду или масло) и резиновую оболочку, в результате чего происходит обжатие заготовок по большой площади поверхности. После сброса давления заготовки выгружают из форм. Этот способ применяют в производстве огнеупоров и технической керамики, а также

при изготовлении посуды сложной плоской формы. Используют изостаты (гидростаты), развивающие рабочее давление прессования до 200 МПа.

2.1.3.4.2 Пластическое формование

Пластическое формование — способ формования масс, находящихся в состоянии пластичности. Для пластичных формовочных масс на основе глин характерно содержание связки (влажность) 15 % — 25 %. Основные разновидности пластического формования: протяжка, раскатка, штамповка.

Протяжку (экструзию) широко применяют при производстве керамического кирпича и камня. Этот процесс также используют для получения полуфабрикатов — «валюшек» («скалок») с последующей допрессовкой (штамповкой) при изготовлении огнеупорных изделий и полуфабрикатов для формования посуды и изоляторов. Протяжка — основной способ формования длинномерных изделий постоянного сечения (труб), а также некоторых видов плиток.

Такой способ удобен для организации непрерывного выпуска с высокой производительностью и хорошо подходит для изготовления перфорированных изделий, включая крупные легковесные строительные материалы (крупноформатные блоки).

Наиболее распространенный экструдер или ленточный пресс (пресс-агрегат) — аппарат, оснащенный смесителем, вакуумной камерой и собственно шнековым прессом со сменным формующим мундштуком. Вакуумирование повышает пластичность массы и облегчает получение бездефектных заготовок. Формующее давление составляет от 1,5 до 10 МПа [97]. В технологии технической керамики применяют поршневые экструдеры.

Для формования плоской и некоторых видов полой посуды (тарелок, блюдец, пиал и т. п.), имеющих форму тел вращения, используют раскатку пластичных заготовок на гипсовых или пластмассовых формах с помощью формующих роликов или шаблонов. Прообразом современных полуавтоматов и формующих узлов автоматизированных линий являлся гончарный круг.

2.1.3.4.3 Шликерное литье

Этот способ широко распространен в производстве в основном полых (оболочковых) изделий сложной формы: посуды, декоративных и санитарно-технических изделий, а также огнеупоров особого назначения и технической керамики. Тонкоизмельченный материал затворяют водой до образования шликера, который заливают в пористую форму, обычно изготавливаемую из гипса. За счет капиллярного всасывания на

внутренней поверхности формы происходит удаление воды из шликера и образование плотной отливки. При достижении необходимой толщины стенки шликер сливают из формы и образовавшуюся в форме заготовку выдерживают до набора прочности необходимой для ее извлечения. Такой способ шликерного литья называют сливным и используют для формования тонкостенных изделий. При наливном способе, используемом для формования толстостенных изделий, масса набирается в полости между двумя стенками формы и полностью ее заполняет.

Санитарно-технические изделия имеют довольно большие толщины стенок. Поэтому их формуют как обычным литьем в гипсовых формах, так и на установках для литья под давлением с использованием полимерных форм. Шликерное литье под давлением (0,3–1 МПа) позволяет ускорить набор массы в несколько раз и приводит к образованию более качественных полуфабрикатов.

Для формования малогабаритных изделий технической керамики сложной формы из непластичных материалов (оксидов, карбидов, нитридов и т. д.) используют способ горячего литья шликеров на основе расплавов термопластичных полимеров (парафина, воска, полиэтилена и др.). Шликер впрыскивают в металлическую форму, охлаждаемую естественным или принудительным образом. В результате полимеризации заготовка в течение короткого времени приобретает достаточную прочность для извлечения из формы и механической обработки. Недостатком способа является необходимость организации отдельной и длительной стадии удаления связки, сопровождаемого выделением вредных веществ разлагающихся полимеров.

Обсуждая факторы воздействия на окружающую среду на участке формования, в первую очередь следует упомянуть выбросы пыли и шум, характерные для полусухого прессования. Образование сбросов производственных сточных вод возможно в случае использования шликерного литья. Образующиеся на данной стадии твердые производственные отходы представляют собой брак полуфабриката, который полностью возвращаются в производство, и отработанные формы (пресс, литьевые), которые, как правило, утилизируют или размещают на полигонах.

2.1.3.5 Сушка

Сушкой называют технологическую стадию, на которой происходит процесс удаления влаги из полуфабриката испарением. Так как временная технологическая связка обычно вводится в материал в виде водных растворов (в материал на основе глин — в виде воды), то сушка характерна для подавляющего большинства технологий керамики.

Для удаления воды из полуфабриката используют следующие виды сушки: контактную, конвективную, радиационную (в том числе сушку ИК- и СВЧ-излучением). В некоторых технологиях (например, в технологии электроизоляторов) используют сушку пропусканием через массивный полуфабрикат переменного электрического тока.

Наиболее распространена конвективная сушка с помощью передачи тепла полуфабрикату теплоносителем (горячим воздухом).

В современной технологии керамики существует необходимость оптимизации сушки с точки зрения повышения скорости, термической эффективности и снижения потерь. Во всех процессах, за исключением длительных и мягких режимов сушки, необходимо тщательно контролировать скорость нагревания, режим циркуляции воздуха, температуру и влажность в сушиле. Горячий воздух в сушила подают в основном от газовых горелок или из зоны охлаждения печей.

Керамические массы могут обладать различной чувствительностью к сушке (невозможность высушить образец из данной массы без образования трещин), однако на подавляющее их большинство благотворно влияет предварительный прогрев в условиях повышенной влажности (с минимальным или полностью отсутствующим удалением влаги), за которым следует основной этап сушки более горячим и сухим воздухом. Остаточная влага из полуфабриката удаляется особенно тяжело, требуя применения наиболее сухого и горячего воздуха. Продукция различных отраслей производства керамических изделий имеет значительные различия по своей природе и размерам, поэтому для удовлетворения производственных нужд были разработаны различные конструкции сушилок [98].

2.1.3.5.1 Сушила с горячим подом для контактной сушки

Подобное оборудование в настоящее время не имеет большого распространения, поскольку практически не поддается автоматизации. Этот способ сушки удобен для крупных заготовок сложной формы, в частности некоторых видов огнеупоров. В этих сушилах тепло подается напрямую к основанию установленных на обогреваемый под полуфабрикатов и передается по воздуху путем конвекции. Поперечная циркуляция воздуха минимальна, поэтому скорость удаления влаги со всех поверхностей полуфабриката мала, что позволяет избежать возникновения в нем нежелательных напряжений.

2.1.3.5.2 Камерные сушила периодического действия для конвективной сушки

Эти устройства представляют собой ряд камер со шлюзовыми дверями, загрузка которых обычно осуществляется вагонетками на рельсовом ходу. На вагонетки с одинаковым интервалом устанавливают сушильные поддоны или полки.

Керамические полуфабрикаты (кирпичи, блоки, огнеупоры) садят на полки и отправляют загруженные вагонетки в камеры, которые после заполнения герметично закрывают. На современных заводах эта операция полностью автоматизирована. Температуру в камерах повышают с контролируемой скоростью либо непосредственно — путем нагнетания горячего воздуха, либо опосредованно — путем передачи тепла от нагретых поверхностей. Для повышения эффективности сушки используют принудительную циркуляцию воздуха. Передача тепла происходит в основном конвекцией, в малой степени — излучением от горячего воздуха и нагретых поверхностей. При сушке некоторых видов керамики применяют особые тепло-влажностные режимы, которые легче осуществить в камерных сушилах.

Камерные сушила удобны в тех случаях, когда полуфабрикаты имеют повышенную влажность и различную форму или производство является периодическим. Строительство дополнительных камер также не представляет особой сложности.

2.1.3.5.3 Туннельные сушила непрерывного действия для конвективной сушки

Эти устройства представляют собой длинные туннели, через которые проталкивают цепь сушильных вагонеток с полуфабрикатами. На разгрузочном конце в туннель подают воздух, имеющий относительно высокую температуру, который при помощи одного или нескольких вентиляторов гонят в направлении погрузочного конца. В ходе перемещения по туннелю происходит передача тепла из воздуха к изделиям и повышение его влажности за счет удаления влаги из полуфабрикатов. Обычно устанавливают вентиляторы принудительной циркуляции по различным сечениям туннеля, тем самым увеличивая турбулентность теплоносителя и повышая эффективность сушки. Длина туннеля зависит от заданной скорости прохождения изделий и влагосодержания материала. Несмотря на ограниченные возможности точного регулирования тепло-влажностного режима, туннельные сушила широко используют в высокопроизводительных производствах кирпича и санитарно-технических изделий.

2.1.3.5.4 Вертикальные корзинные сушила для конвективной сушки

Вертикальные сушила, как правило, используют на плиточном производстве. Отпрессованные полуфабрикаты загружают в корзины, состоящие из нескольких ярусов роликов. Корзины движутся в сушилке вертикально вверх, навстречу горячим газам, затем спускаются для подачи в печь. Температура в таких сушилках обычно не превышает 200 °С, продолжительность сушки составляет 35–50 мин.

2.1.3.5.5 Горизонтальные многоярусные роликовые сушила для конвективной сушки

Подобные сушила также широко распространены в производстве керамической плитки. Горизонтальные сушила устроены по тому же принципу, что и роликовые печи. Отдельные прессованные полуфабрикаты загружают на различные ярусы в сушиле и перемещают в горизонтальной плоскости при помощи вращающихся роликов. Горячий воздух для сушки поступает от расположенных по периферии сушила газовых горелок и движется в противотоке к садке.

Предельная температура в таких сушилах обычно выше, чем в вертикальных (около 350 °С), а процесс сушки короче и занимает от 15 до 25 мин.

Технологический участок сушки характеризуется прежде всего выбросами неорганических газообразных веществ, образующихся в процессе сгорания топлива (CO, NO_x, SO_2). Также сушила являются малозначимым организованным источником пыли. Твердые производственные отходы, образующиеся на данном участке, включают пыль и брак изделий, которые возвращают в начало технологического процесса.

2.1.3.6 Обработка поверхности и декорирование

2.1.3.6.1 Текстурирование поверхности изделий

Нанесение текстуры на поверхность керамических изделий может иметь практическое значение, например, при выпуске керамической плитки для полов или лицевого кирпича.

Также поверхность изделий текстурируют для улучшения их внешнего вида. Так, на изделия пластического формования (кирпич) текстуру наносят рустикацией глиняного бруса либо при помощи резиновых лент с рельефом.

Сырец прессованного кирпича, как правило, отличается значительной прочностью, поэтому после сборки паллеты на ленте конвейера поверхность такого кирпича «огрубляют» дисковыми пилами или текстурируют иным способом [88], [85].

2.1.3.6.2 Нанесение покрытий

В ряде случаев кирпич и керамические камни, полученные прессованием или пластическим формованием, покрывают песком или иными измельченными минералами с лицевой и изнаночной стороны при помощи распылительных пистолетов. Для повышения эстетических качеств изделий в песок вводят пигменты.

2.1.3.6.3 Ангобирование, глазурование и другие техники декорирования

Ангобирование применяют в основном при изготовлении облицовочной и напольной плитки, иногда ангобируют кирпичи и декоративные изделия. Ангоб — непрозрачное покрытие из белой или окрашенной тонкозернистой глинистой суспензии, обычно наносят на сырые или высушенные полуфабрикаты. В ходе ангобирования покрывают всю или только видимую поверхность полуфабриката методом полива, распыления или окунания. Также ангобом покрывают огнеприпас (полки обжиговых вагонеток) во избежание прилипания к ним изделий в обжиге.

Глазурование наиболее широко применяют при производстве облицовочной и напольной плитки, санитарно-технических изделий, посуды, изоляторов, ограниченных партий кирпича. Компоненты глазури — в случае керамической плитки это, как правило, фритты, пигменты, каолин, глины — тонко измельчают и распускают в воде для получения глазурной суспензии. Вязкость и другие параметры суспензии подбирают в соответствии со способом нанесения глазури (распылением, поливом, окунанием, сухим глазурованием). На эту стадию заготовки подают после упрочнения путем предварительного (утельного) обжига (за исключением санитарно-технических изделий, изоляторов и некоторых видов керамической плитки) и в ходе глазурования наносят на их поверхность сплошное гладкое прозрачное или непрозрачное (глухое), в зависимости от состава глазури, покрытие, при растекании которого по поверхности изделия формируется стеклообразный слой.

Традиционным приемом декорирования керамической плитки, благодаря простоте применения в технологическом процессе, является шелкография. Этот способ представляет собой печать рисунка при помощи одного или нескольких трафаретов (туго натянутая сетка с определенной ячеистостью). Поверхность трафарета покрыта пленкой, кроме отверстий, соответствующих рисунку. Для продавливания краски через эти отверстия служит специальный ракель. В современных производствах плитки шелкографию применяют в основном для получения надглазурных рельефных декоров на участке 3-го (декорирующего) обжига.

Общераспространенными способами декорирования керамической плитки сегодня являются шелкография, способ ротационной печати (ротоколор) и, реже, флексография.

При этих способах рисунок формируют непосредственно на поверхности одного или нескольких роликов, которыми наносят краску на изделие.

Вторым по распространению в настоящее время и занимающим все большее место в технологии декорирования керамической плитки является способ цифровой компьютерной печати. За последние два года практически все предприятия по выпуску плитки в России перешли частично или полностью на данную технологию.

Посуду часто декорируют вручную (росписью) или с использованием деколей [84], [91].

Ключевым фактором воздействия на окружающую среду на участке декорирования оказывается образование производственных сточных вод, содержащих значительное количество взвешенных веществ. Возврат производственных отходов (брак полуфабриката и изделий, высушенный шлам ангоба, глазури) с данной стадии технологического процесса в производство возможен не всегда, в большинстве случаев требуются иные решения. Производственные отходы в виде отработанных роликов, сеток и др. (образующиеся периодически и в незначительных количествах), как правило, подлежат размещению на полигонах.

2.1.3.7 Обжиг

Обжиг — это ключевая операция при производстве керамических изделий, поскольку в ходе обжига формируются все эксплуатационные характеристики готовой продукции: механическая прочность, износостойкость, постоянство размеров, химическая и термическая стойкость.

Шихта для изготовления изделий из керамики — это, как правило, сложные по составу смеси глинистых и иных минералов, в частности: кварца, полевых шпатов, карбонатов, гипса, оксидов железа, иногда содержащие примеси органических веществ. Для изготовления огнеупоров применяют разнообразное, в том числе неглинистое, минеральное сырье с использованием специальных добавок и связующих (к числу которых также относятся некоторые виды глин). При обжиге изделий на основе глин в интервале температур 100 °С — 200 °С происходит удаление остатков влаги. Окисление органических включений и пирита протекает при температуре 300 °С — 500 °С, удаление воды, химически связанной в структуре глинистых минералов («кристаллизационной» воды) — в интервале температур 500 °С — 600 °С, а разложение карбонатов

(кальцита, доломита), сопровождаемое выделением CO_2, — при температуре 750 °С — 900 °С. При температуре 573 °С происходит полиморфное превращение кварца.

На высокотемпературной стадии обжига керамических изделий в пористом полуфабрикате происходит процесс спекания, чаще всего протекающий с активным участием жидкой фазы. Жидкая фаза в материале образуется в результате плавления специально введенных в сырьевую шихту плавней — веществ с относительно низкой температурой плавления (например, полевых шпатов) либо образования легкоплавких эвтектик (например, при введении в шихту карбонатов). Образующийся расплав смачивает зерна кристаллических фаз и под действием сил поверхностного натяжения стягивает их друг к другу.

Высокотемпературная выдержка способствует полноте процесса спекания, который сопровождается образованием прочных контактов между зернами (упрочнением изделия) и уменьшением размеров изделия (усадкой) за счет уменьшения пористости. Линейная усадка изделий варьирует в широких пределах, обычно составляет 10 % — 15 %.

На стадии охлаждения изделий жидкая фаза может кристаллизоваться или переходить в стеклообразное состояние.

Жидкофазное спекание характерно для процессов обжига строительной керамики, санитарно-технических изделий, посуды, изоляторов.

Многие виды изделий технической керамики и огнеупоров спекаются по механизму твердофазного спекания. В этих случаях для облегчения диффузионных процессов в сырьевую шихту вводят добавки-активаторы спекания, способствующие образованию твердых растворов [84].

Ниже представлены типичные интервалы температур обжига различных видов керамических изделий (см. таблицу 2.1) [84].

Таблица 2.1 — Типичные температуры обжига некоторых керамических изделий

Температурный интервал обжига, °С	Основное сырье	Изделия	Область применения
900–1050	Глины	Кирпич	Строительная керамика
950–1050	Глины	Майоликовая посуда	Хозяйственно-бытовая керамика
980–1080	Глины	Плитка	Строительная керамика

Окончание таблицы 2.1

Температурный интервал обжига, °С	Основное сырье	Изделия	Область применения
1180–1220	Глины, каолины, кварцевый песок, полевые шпаты	Керамогранит	Строительная керамика
1200–1250	Глины, каолины, кварцевый песок, полевые шпаты	Санитарно-технические изделия	Строительная керамика
1250–1420	Глины, каолины, кварцевый песок, полевые шпаты	Фаянсовая и фарфоровая посуда	Хозяйственно-бытовая керамика
1300–1430	Глины, каолины, кварцевый песок, полевые шпаты	Фарфоровые изоляторы	Техническая керамика
1350–1400	Глины	Шамотные огнеупоры	Огнеупоры
1550–1750	Глинозем	Корундовая керамика	Техническая керамика
1700–1900	Нитрид кремния	Керамика из нитрида кремния	Техническая керамика

Обжиг керамических изделий обычно проводят в печах, оснащенных газовыми горелками, или электронагревателями из металлических сплавов, графита, керамики (карбида кремния, хромита лантана, дисилицида молибдена).

2.1.3.7.1 Печи периодического действия

К ним относятся печи с выкатным подом и колпаковые печи, которые представляют собой одиночную камеру, куда загружают предварительно высушенные заготовки. В колпаковых печах колпак, оборудованный нагревательным элементом, устанавливают на под при помощи подъемного устройства, в печах с выкатным подом садку помещают в рабочее пространство печи на вагонетках. После загрузки печь закрывают и обжигают изделия по заданному режиму. В качестве источника тепла обычно служат газовые горелки, конструкция печей позволяет четко контролировать температуру и характер среды (окислительный или восстановительный).

В производстве огнеупоров, технической керамики также используют газовые камерные печи с садкой изделий в капсели — огнеупорные короба, защищающие изделия от потоков раскаленных газов и непосредственного влияния дымовых газов.

Для обжига изделий технической керамики используют вакуумные шахтные печи с нагревателями из графита, вольфрама или молибдена, развивающие температуру до 2200 °С — 2500 °С. Часто обжиг в таких печах ведут в среде азота или инертных газов (аргона, гелия).

Для получения особо плотных изделий технической керамики простой формы используют прессы горячего прессования (система на основе гидравлического пресса, помещенного в печь с графитовыми нагревателями), для обжига изделий сложной формы — изостаты — печи электросопротивления, способные создать давление газа (азота или инертных газов) до 200 МПа.

Печи периодического действия применяют при небольших объемах производства для выпуска специализированных изделий (кирпича особой формы, фитингов, огнеупоров и т. д.). Главное достоинство таких печей — возможность гибко регулировать технологический процесс, особенно при частой смене продукции, что до некоторой степени обуславливает их сравнительно низкую энергоэффективность. На рисунке 2.1 представлен поперечный разрез печи с выкатным подом.

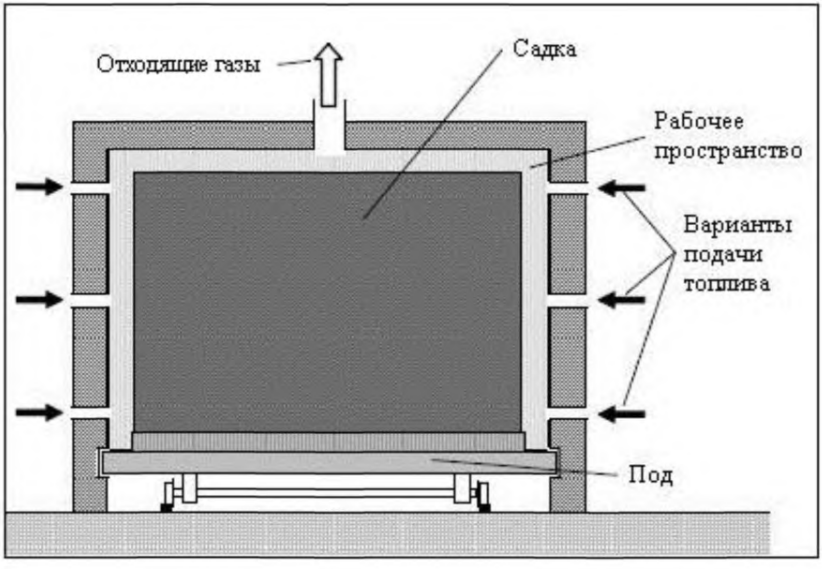

Рисунок 2.1 — Вид в разрезе печи с выкатным подом [80]

2.1.3.7.2 Непрерывно действующие печи

Кольцевые печи (печи Гофмана). Эти печи состоят из ряда соединенных между собой камер, которые последовательно заполняют высушенными изделиями (например, кирпичом), герметично закрывают и обжигают в псевдонепрерывном режиме, при этом горячие газы поступают из первой камеры в следующую по дымоходам и через отверстия между камерами. Такая схема позволяет непрерывно осуществлять предварительный обогрев изделий и охлаждение дымовых газов, что повышает энергоэффективность печи и ведет к снижению затрат по сравнению с печами периодического действия. В настоящее время для обогрева таких печей в основном используют газ, местами выполняют верховую загрузку опилками, углем или мазутом.

Туннельные печи. Эти печи представляют собой сконструированные из огнеупорных материалов туннели, в которых проложены рельсы для перемещения вагонеток. На вагонетках устроены огнеупорные полки, куда в определенном порядке загружают изделия. Вагонетки проталкивают вдоль печи через определенные интервалы против движения воздуха, нагнетаемого одним или несколькими вентиляторами в вытяжной канал вблизи устья печи. Большая часть современных туннельных печей обогревается газом, максимальная температура создается в зоне обжига около центра печи. По мере своего движения входящая садка прогревается горячими топочными газами, а выходящая охлаждается при обдуве подаваемым в печь воздухом, который при этом подогревается. Часть воздуха из зоны охлаждения отбирают в смежные сушилки, что обеспечивает существенную экономию топлива.

Канал печи изолируют от подсоса воздуха из подвагонеточного пространства при помощи песчаного затвора с целью снижения энергопотребления путем создания герметичного рабочего пространства печи [99].

В ряде случаев туннельные печи, оснащенные особыми видами транспортных устройств (например, контейнерами-лодочками), используют для обжига сырья и изделий технической керамики.

На рисунках 2.2 и 2.3 представлены схема и поперечный разрез туннельной печи.

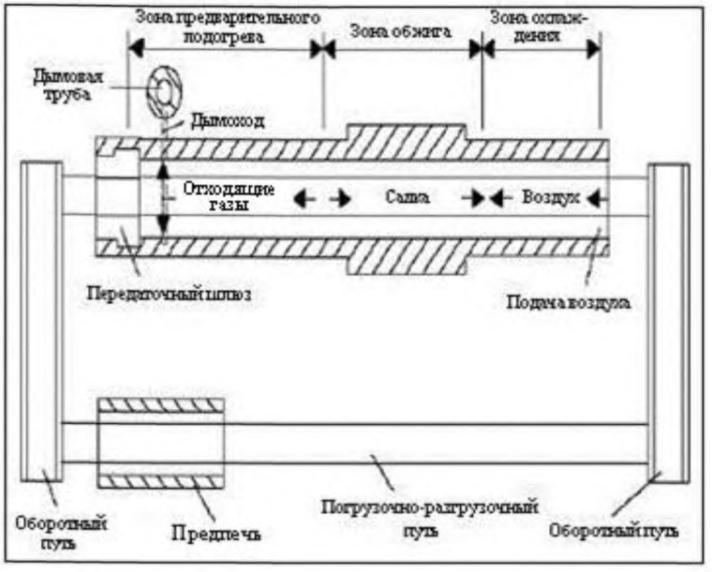

Рисунок 2.2 — Схема туннельной печи [80]

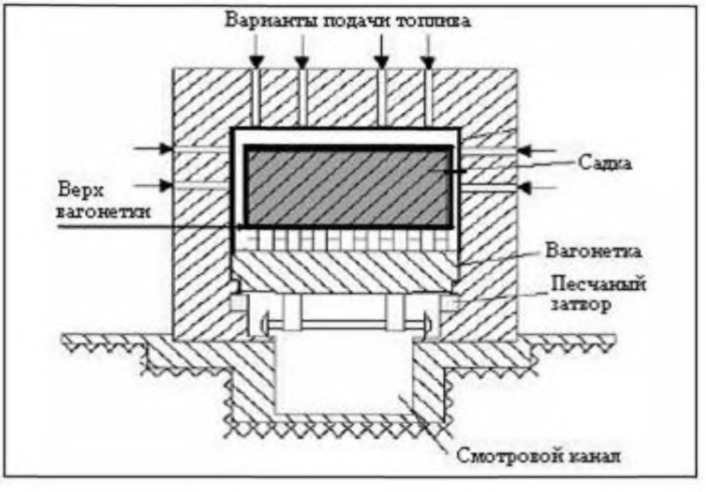

Рисунок 2.3 — Вид в разрезе туннельной печи с вагонеткой [80]

Роликовые печи. В настоящее время одноярусные роликовые печи находят практически повсеместное применение в производстве облицовочной и напольной плитки, продолжительность обжига в них обычно составляет менее 40 мин. Плитка движется по вращающимся роликам, для обогрева служат горелки на природном газе,

установленные по периферии печи. Основными механизмами передачи тепла являются конвекция и излучение, а поскольку такие печи оборудуют открытыми горелками, это ведет к повышению коэффициента теплопередачи и, как следствие, к снижению продолжительности обжига и энергопотребления на обжиг по сравнению с другими типами печей. Роликовые печи также применяют при производстве черепицы, керамических труб, санитарно-технических изделий и посуды. Ниже показан поперечный разрез роликовой печи (см. рисунок 2.4).

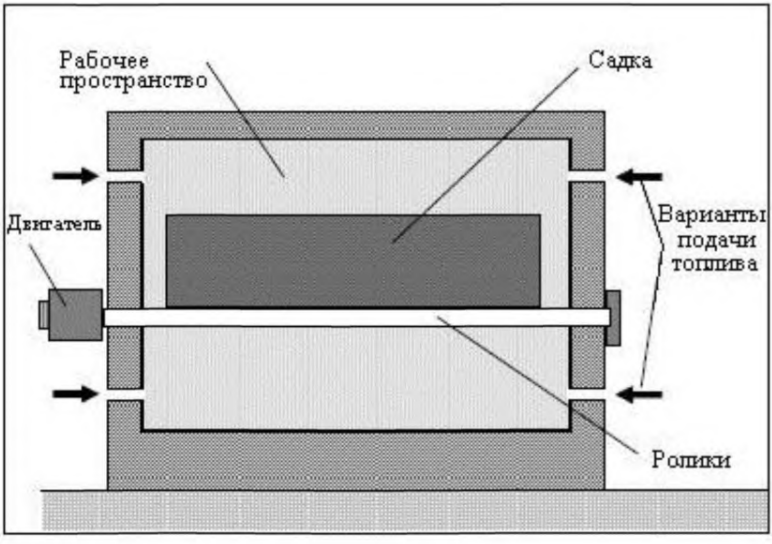

Рисунок 2.4 — Вид роликовой печи в разрезе [80]

Туннельные печи с движущимся подом. Эти печи также служат для скоростного обжига и действуют по тому же принципу, что и роликовые. Основное их отличие сводится к тому, что садку размещают на огнеупорных «тележках», двигающихся по проложенным вне рабочего пространства печи рельсам. В туннельных печах с движущимся подом можно обжигать изделия различной, в том числе неправильной, формы, а в роликовых — изделия только правильной формы.

Вращающиеся печи. Вращающаяся печь имеет форму длинного цилиндра, расположенного под уклоном и медленно вращающегося вокруг своей оси. Для обогрева служит горелка, устанавливаемая по оси печи в нижнем ее конце. Такие печи используют при обжиге глины на шамот и для прокаливания карбонатного сырья (доломита или магнезита).

Стадия обжига является наиболее энергоемкой в технологии производства изделий из керамики, и в качестве воздействия на окружающую среду здесь следует рассматривать не только материальную (эмиссии), но и энергетическую составляющую (степень энергетической эффективности процесса, избыточное тепло). Эмиссии на данном технологическом переделе включают прежде всего выбросы газообразных веществ неорганической (CO, NO_x, SO_x) и органической (легколетучие органические вещества) природы, которые образуются в результате сгорания топлива и физико-химических превращений в материале, а также незначительное количество пыли из организованного источника. Помимо этого, происходит образование твердых отходов в основном (брак изделий) и вспомогательном (средозащитные средства) технологическом процессе, эти отходы в подавляющем большинстве случаев являются невозвратными и требуют размещения на полигонах.

2.1.3.8 Послеобжиговая (финишная) обработка

2.1.3.8.1 Механическая обработка (шлифовка, сверление отверстий, резка, полировка)

Механическая обработка обожженных изделий необходима при производстве изделий, конечную форму или размеры которых не удается с достаточной точностью воспроизвести в ходе предварительной обработки. Шлифовка и полировка используются при производстве керамической плитки из керамогранита для получения шероховатой или абсолютно гладкой, глянцевой поверхности (последняя не уступает по декоративному эффекту глазурованной поверхности [16]). Механической обработке подвергаются практически все изделия технической керамики, имеющие строгие допуски по размерам.

Шлифовка – это групповой процесс, в котором несколько изделий укрепля- ют на станине и пропускают под алмазной шпиндельной головкой. Этим способом иногда обрабатывают нижнюю и верхнюю грань строительных блоков для кладки на тонком слое вяжущего. В этом случае вся шлифовальная машина должна быть герметично закрыта.

Сухую шлифовку нижней грани строительных блоков алмазными дисками также проводят для улучшения сцепления с тонким слоем раствора. В этом случае вся шлифовальная машина должна быть герметично закрыта.

Сверление керамических изделий, в особенности огнеупоров, осуществляют, когда требуемое отверстие не удается с заданной точностью получить в результате прессования и обжига.

Распил изделий выполняют, когда конечную форму кирпича, в том числе огнеупорного, не удается воспроизвести при формовании. В этом случае прессуют и обжигают кирпич, заведомо большего размера, из которого затем выпиливают нужное изделие. Практически во всех операциях применяют замкнутый цикл подачи воды, которая служит для смазки рабочих поверхностей и смывает с них удаленные частицы, одновременно снижая пылеобразование.

2.1.3.8.2 Насыщение углеродом (огнеупоры)

Огнеупорные изделия используют в крайне агрессивных условиях, поэтому зачастую обожженные изделия необходимо пропитывать. Введение углерода в готовые изделия имеет ряд преимуществ:

- углерод служит смазкой, что удобно при работе шиберных заслонок;
- сравнительно высокая теплопроводность углерода повышает стойкость изделий к термоудару;
- углерод заполняет поры, что снижает проницаемость изделий и повышает их устойчивость к внедрению шлака и металла.

Пропитке подвергают сразу несколько изделий. Эту операцию, как правило, проводят в трех вертикальных цилиндрических емкостях с навесными крышками. Обрабатываемые изделия загружают в металлические корзины. В первой емкости садку прогревают до температуры порядка 200 °С путем обдува горячим воздухом и передают во вторую емкость (так называемый автоклав) с рубашкой для поддержания температуры. Автоклав герметично закрывают, вакуумируют и заполняют смолой из подогреваемых при температуре 180 °С — 200 °С накопительных резервуаров. Пропитка происходит при понижении вакуума и последующей подаче азота под давлением. После высыхания садку перемещают в третий цилиндр для охлаждения при температуре значительно ниже той, при которой происходит испарение летучих компонентов смолы.

В заключение необходимо удалить из смолы значительную долю летучих компонентов, присутствие которых может негативно сказаться на эксплуатационных свойствах изделий. Обычно с этой целью пропитанные изделия загружают в печь и нагревают по определенному режиму. Вытяжной вентилятор такой печи связан с термическим дожигателем, разогретым до температуры свыше 800 °С, продолжительность пребывания газа в котором составляет не менее 0,5 с. Такие условия обеспечивают полное сгорание летучих соединений (сложных углеводородов).

После подобной обработки на поверхности изделий присутствует светлый хрупкий углеродистый налет, который перед упаковкой или дальнейшей обработкой следует удалить. Для этого изделия зачищают на обдувочном станке [100].

2.1.3.8.3 Введение вспомогательных материалов

Изоляционные материалы. Изоляционные материалы (вермикулит, минеральное волокно) помещают в некоторые сорта крупноформатных керамических блоков для повышения их теплоизоляционных свойств [100].

2.1.3.8.4 Металлизация керамики

Значительную часть изделий технической керамики, главным образом в радио- и электронной технике (конденсаторы, резисторы, пьезоэлементы, интегральные схемы и т. д.), подвергают металлизации, а в некоторых случаях — последующей пайке с металлоконструкциями. Назначение металлизации — это создание электрических контактов, металлокерамических узлов, декоративных эффектов. Для металлизации применяют благородные металлы — Au, Ag, Pt, Pd и их сплавы; тугоплавкие — W, Mo, Ta, Cr, Ni; элементы и сплавы группы железа. Толщина металлических пленок изменяется от долей до нескольких сотен микрометров и зависит от назначения покрытий и технологии их нанесения (тонко- или толстопленочный метод). Особое место в электронной технике занимают металлокерамические соединения (узлы), эффективные в условиях высоких температур и корродирующих воздействий [101].

2.1.3.8.5 Окончательная сборка

Для производства некоторых видов изделий необходимы операции по окончательной сборке, например монтаж металлической арматуры высоковольтных изоляторов для установки в проходных изоляторах, трансформаторах и иной аппаратуре.

Стадия послеобжиговой обработки характеризуется широким спектром возможных видов воздействия на окружающую среду. В зависимости от принятого способа послеобжиговой обработки возможно образование выбросов неорганических и органических веществ в воздух (огнеупоры, металлизация), сбросов производственных сточных вод, содержащих значительное количество взвешенных и растворенных веществ (механическая обработка, металлизация), твердых производственных отходов, которые в большинстве случаев требуют утилизации. Послеобжиговая обработка технической керамики в ряде случаев требует введения стадии дополнительного высокотемпературного обжига [84], [91].

2.1.3.9 Сортировка, упаковка и хранение

На ряде производств (в частности, керамических камней, огнеупорных изделий специальной формы, посуды и декоративных изделий) сортировку и упаковку по-прежнему выполняют вручную. Впрочем, за последние годы более тщательный контроль обжига привел к снижению количества боя и возникла тенденция к автоматизации данного процесса. В настоящее время разработаны системы инструментального контроля цветности, что особенно важно для керамической плитки. При автоматической загрузке кирпича и керамических блоков в печь уровень потерь крайне мал, а садка позволяет осуществлять упаковку термоусадочной пленкой (при этом потребителя уведомляют о возможном получении 1 % — 2 % брака).

Керамические изделия правильной формы (кирпич, камни, огнеупорные изделия) собирают в штабеля стандартного размера, которые затем упаковывают в полиэтилен и складируют на поддонах [102].

Наиболее дорогая керамическая продукция — посуда и декоративные изделия — нуждается в тщательном контроле и сортировке и требует сложной защитной упаковки. Напротив, неформованные огнеупоры обычно засыпают в мешки по весу и складируют на поддонах. Также для хранения используют металлические бочки.

Керамические плитки сами по себе являются сравнительно хрупкими, однако при плотной упаковке в картонные коробки плитка легко выдерживает хранение и транспортировку [103].

Грубокерамические изделия массового производства обычно хранят на открытом пространстве, однако продукция, упакованная в мешки или ящики, а также чувствительные к воздействию влаги огнеупоры требуют складского хранения.

2.1.4 Вспомогательные участки и участки переработки (системы очистки отходящих газов и сточных вод)

Важными участками обеспечения сокращения негативного воздействия на окружающую среду на предприятиях по производству керамических изделий являются установки по удалению пыли из воздуха аспирации, а также для очистки производственных сточных вод. Для очистки выбросов от пыли на российских предприятиях по производству керамических изделий применяют циклоны и рукавные фильтры. Сокращения выбросов ЗВ, образующихся при сушке и обжиге изделий, добиваются путем оптимизации процесса сжигания топлива.

Сточные воды, образующиеся в процессе изготовления керамики, как правило, содержат взвешенные частицы, поэтому при их очистке часто используют отстойники. Осаждение взвешенных веществ ускоряют путем введения флокулянтов и коагулянтов.

Тип топливного хранилища зависит от вида используемого топлива. На российских предприятиях в качестве топлива используют природный газ, реже — уголь и иногда — отходы заготовки древесины и деревообработки. Кусковой уголь хранят на открытом пространстве и под навесами, измельченный — в силосах. Природный газ поступает по газораспределительной сети от компаний-поставщиков.

На некоторых предприятиях, например при выпуске санитарно-технических изделий, посуды, функционируют вспомогательные участки, в частности производство гипсовых форм, где выпускаются формы для массового применения.

2.1.5 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства

В целях повышения энергетической эффективности и экологической результативности производства керамических изделий применяют:

- внедрение новых энергоэффективных технологических способов и проектных решений;
- модификацию полуфабрикатов и изделий;
- снижение водопотребления (организация водооборота);
- использование современного оборудования, прежде всего печей и сушил, и его совершенствование;
- максимальное использование остаточного тепла печей;

Среди технологических и технических подходов, применимых во всех отраслях производства изделий из керамики, можно упомянуть увеличение функциональности и облегчение изделия; приближение формы полуфабриката к форме изделия; введение пластификаторов, гидрофобных отощителей, плавней.

Управленческие подходы включают внедрение систем экологического и энергетического менеджмента или использование их инструментов (аудита, программ повышения экологической результативности и энергоэффективности и пр.).

В большинстве отраслей производства керамических изделий такие отходы, как обрезки, стружка и некондиционные изделия, возвращают на стадию подготовки сырья. Обожженные изделия низкого качества используют внутри предприятия, получая после дробления и рассева так называемый бой. Этот материал относится к непластичным, и его введение в массу облегчает сушку и способствует уменьшению усадки благодаря

повышению проницаемости заготовок. Даже если такой бой неприменим в том технологическом процессе, в котором он образовался, его можно использовать в процессах других производств.

Отработанные огнеупорные изделия, образующиеся при перефутеровке печей, как правило, загрязнены шлаками, солями, стеклом или металлами, поэтому их введение может ухудшить огнеупорные характеристики любого изделия. Аналогичным образом, материалы, содержащие другие виды загрязняющих веществ (например, остатки глазурей), невозможно использовать повторно. Отработанные гипсовые формы также непригодны к повторному использованию, однако могут применяться как сырье для цементной промышленности.

Измельченный гранулированный бой кирпича, помимо возврата в технологический процесс, в ряде случаев используют в качестве замены продукции других отраслей производства керамических изделий, имеющей тот же зерновой состав (например, как заполнитель в бетонах или наполнитель в асфальте для дорожного строительства).

Там, где это возможно, на стадии охлаждения изделий в обжиге осуществляют рекуперацию тепла, для этого охлаждение изделий стараются ускорить путем принудительной циркуляции воздуха в садке после зоны обжига. В результате образуется значительный объем чистого горячего воздуха, большую часть которого отбирают из печи вентиляторами и подают в сушку. Этот прием особенно эффективен при использовании туннельных печей.

2.1.6 Схема входных и выходных потоков производства керамических изделий

На рисунке 2.5 представлена схема входных и выходных потоков на различных стадиях производства керамических изделий.

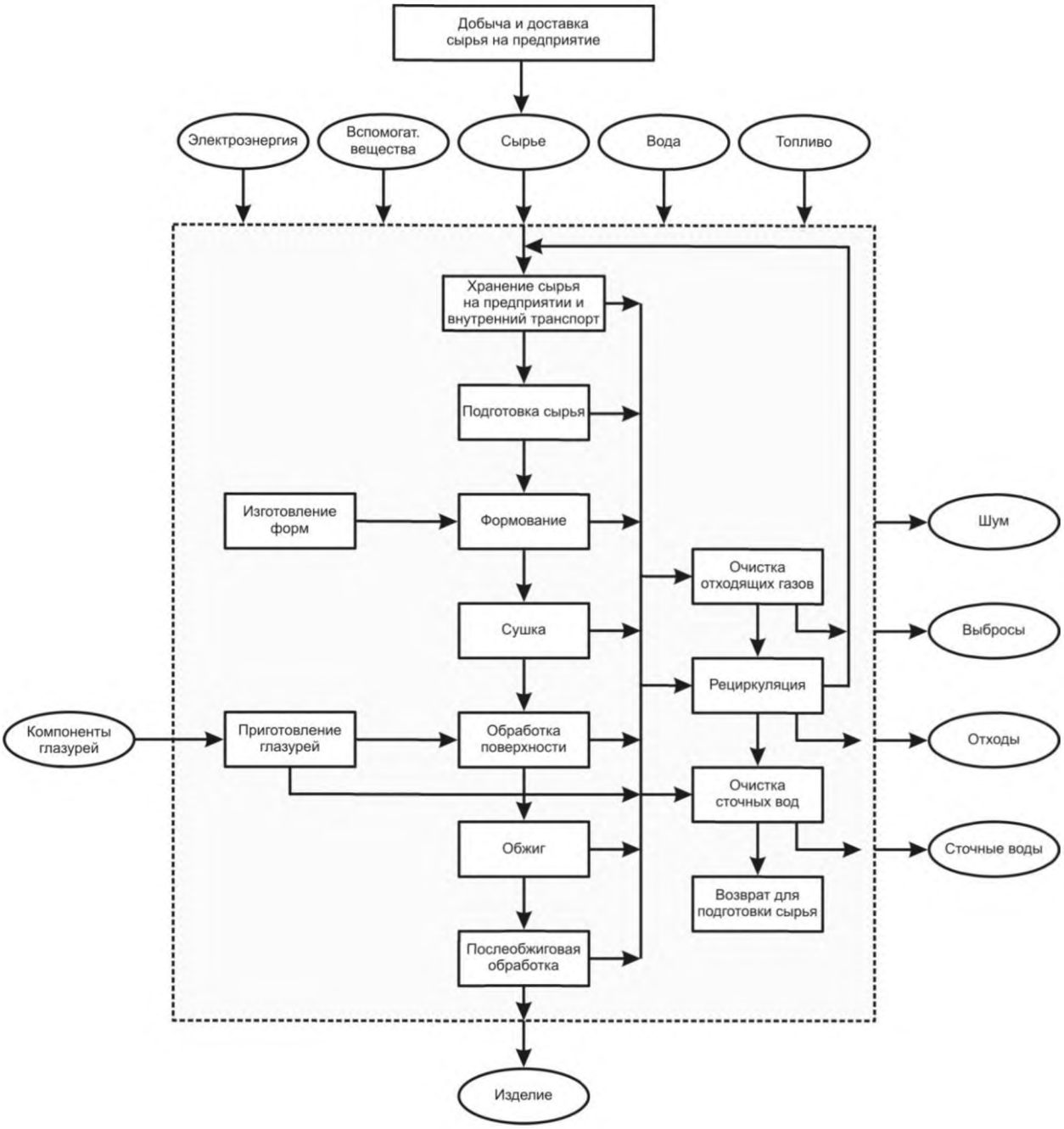

Рисунок 2.5 — Входные и выходные потоки на различных стадиях производства керамических изделий [15]

2.2 Кирпич

Данный раздел подготовлен производителями керамического кирпича и камня совместно со специалистами в химической технологии керамики с использованием отечественных и зарубежных источников информации, основными из которых являются учебник по химической технологии керамики [84], справочник ЕС [80] и энциклопедия керамики [91], а также источники [104] и [105].

Основными технологическими процессами в производстве кирпича являются:

- добыча глинистого сырья и его конусование (в настоящем документе не рассматривается);
- переработка сырьевых материалов и приготовление шихты;
- формование;
- сушка;
- обжиг.

Технологическая схема производства керамического кирпича способом пластического формования представлена на рисунке 2.6.

2.2.1 Переработка сырьевых материалов и приготовление шихты

Основным сырьем для производства кирпича являются глинистые (глина, суглинки, сланцы) и отощающие (песок, шамот) материалы. Для придания заданных свойств готовой продукции в процессе производства могут использоваться различные добавки.

Глинистые материалы являются осадочными горными породами, и в силу специфики естественного природного происхождения свойства глин различных месторождений имеют существенные отличия. Основными определяющими характеристиками глин являются химический, минеральный и зерновой составы. Из глин различных месторождений возможно производство кирпича с разными характеристиками на одной и той же технологической линии. В тоже время технология производства одного и того же вида продукции может существенно отличаться для глин разных месторождений. Свойства глин определяют способы и режимы производства (технологические параметры переработки, формовки, сушки, обжига) кирпича, а также показатели готовой продукции (прочность, морозостойкость, водопоглощение и др.).

Добавки применяют как для корректировки свойств глин (например, пластифицирующие) в процессе производства, так и для придания заданных свойств готовой продукции (например, выгорающие при производстве поризованных изделий).

Хранят глинистое сырье в крытых или открытых глинозапасниках (конусах), отощающие материалы — как правило, на открытой площадке.

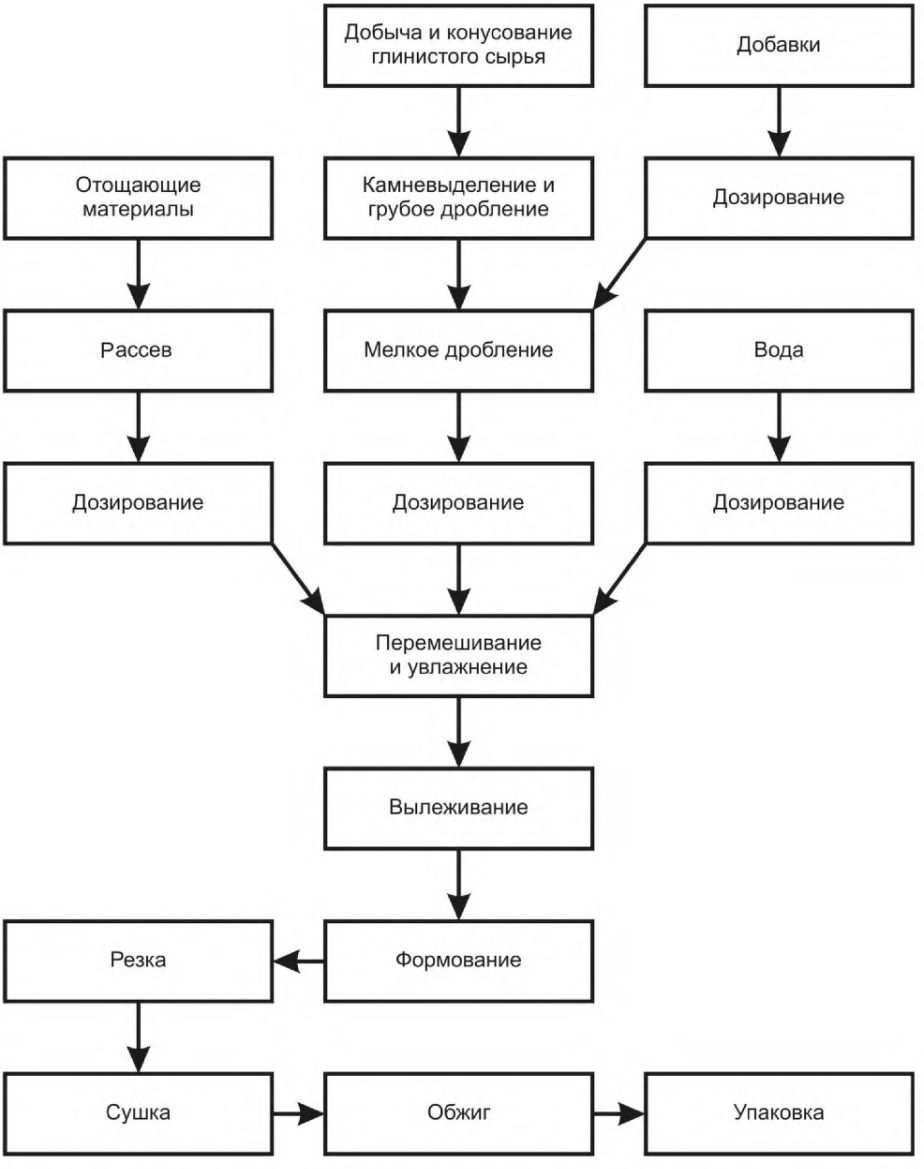

Рисунок 2.6 — Вариант технологической схемы производства керамического кирпича способом пластического формования

Для получения шихты (формовочной массы) исходное сырье подвергают переработке. Целью переработки сырьевых материалов, независимо от технологии производства и применяемого оборудования, является разрушение природной структуры

глины, удаление камней и измельчение посторонних примесей (например, карбонатных включений), гомогенизация компонентов шихты и получение массы, пригодной к формованию.

Камнеудаление и крупное дробление обычно проводят на валковых дробилках с ребристыми и гладкими валками, мелкое дробление – на бегунах и валковых дробилках с малым зазором между валками.

В зависимости от способа формования полуфабриката — полусухого прессования на механических и гидравлических прессах или пластического формования на ленточных прессах — применяют два способа подготовки масс.

Для изготовления кирпича способом полусухого прессования применим сухой способ подготовки массы, при котором глину подвергают камневыделению, крупному дроблению, подсушивают в сушильных барабанах, после чего подвергают дальнейшему измельчению в бегунах или стержневых мельницах (дезинтеграторах). Смешивание глины с другими добавками может осуществляться на различных этапах производства – от грубого помола на валковых дробилках, до смешивания на лопастных смесителях при доведении шихты до формовочной влажности 8-12 %».

При более распространенном способе пластического формования массу готовят на основе исходной влажной глины путем последовательного измельчения на валковых дробилках крупного и мелкого дробления или бегунах до размеров куском менее 1 мм (0,5–0,8 мм), далее увлажняют в лопастных смесителях до 18 % — 22 %.

Перед формованием практикуется вылеживание формовочной массы в течение 3–14 суток в шихтозапасниках для усреднения влажности. При этом шихтозапасник разделяет участки переработки сырья и участок формования, что способствует стабильной и бесперебойной работе завода.

2.2.2 Подготовка и применение выгорающих добавок (опилки)

Опилки — это выгорающие добавки природного происхождения, которые являются отходами производства различных (прежде всего лесозаготовительных и деревообрабатывающих) предприятий.

В технологии производства керамических изделий опилки имеют двойное предназначение: при низких температурах они ведут себя аналогично отощающим добавкам (таким, как, например, песок, дегидратированная глина, шамот); снижают усадку и пластичность глин, а при высоких температурах способствуют обжигу керамики, снижают расход топлива, повышают пористость и уменьшают массу и теплопроводность

готовых изделий. Опилки могут быть введены в состав шихты в значительных количествах – более 15 % по объёму.

Вводятся опилки в шихту обычно перед перемешивающими агрегатами (двухвальные смесители, бегуны мокрого помола), чтобы обеспечить усреднение в шихте и предотвратить унос при дальнейшей транспортировке. Дозируют опилки по объему или по массе с помощью конвейерной системы из накопительного и одновременно дозирующего питателя, куда они попадают после линии подготовки.

Линия подготовки опилок представляет собой последовательность переделов. Накопительный бокс с навесом для хранения и накапливания опилок, где работает фронтальный погрузчик, окучивает опилки после разгрузки автотранспорта и загружает в дозирующий ленточный питатель. Дозирующий ленточный питатель равномерно подает привезенные опилки на ленточный конвейер линии подготовки опилок, чтобы не происходило завала на агрегатах по подготовке опилок. По ленточному конвейеру опилки направляются в сито-бурат, которое установлено под углом относительно горизонтали, опилки подходящей фракции (3–8 мм) просеиваются через сетку и падают на скребковый транспортер, который направляет их сразу в накопительный и одновременно дозирующий питатель. Опилки более крупной фракции, чем ячейки сетки на сите-бурате, выходят с его другой стороны и падают на конвейер отходов. Оттуда с помощью вентилятора, за счет тяги, все опилки и стружка, не прошедшие через сетку сита-бурата, засасываются в трубу и пневмотранспортом направляются в ножевую дробилку. Кусочки и щепочки древесины отправляют в отходы. В ножевой дробилке крупные опилки и стружка измельчаются до необходимой фракции, которую задает сетка, установленная в дробилке, и с помощью все той же силы тяги вентилятора отправляются в циклон. В циклоне за счет центробежной силы опилки оседают вниз и попадают в накопительный и одновременно дозирующий питатель, а очищенный от опилок воздух выбрасывается в атмосферу.

2.2.3 Формование

Формование представляет собой процесс придания приготовленной шихте формы будущего изделия (кирпича). Существует три основных способа формования кирпича (см. 2.1.3.4):

- полусухое прессование;
- пластическое формование и его разновидность — жесткая экструзия;
- способ ручной формовки (данный способ механизирован и вручную такой кирпич не формуется).

Способ полусухого формования применяется на заводах малой и средней производительности и отличается ограниченным ассортиментом изделий. Способ ручной формовки в Российской Федерации в настоящее время не применяется. Способ жесткой экструзии не нашел широкого распространения в России, поскольку для него требуется использование специфического оборудования и глин с определенными свойствами, а номенклатура изделий, производимых этим способом, существенно ограничена. Наибольшее распространение получило пластическое формование, позволяющее выпускать широкую гамму изделий из большинства видов глинистого сырья. При использовании этого способа пластическую массу формуют под давлением до 1,5–3 МПа ленточным вакуумным прессом, затем разрезают на заготовки, при необходимости удаляя с них фаски и (для лицевого кирпича) накатывая на поверхность рисунок.

2.2.4 Сушка

Перед обжигом кирпич-сырец высушивают. Сушку проводят в туннельных или камерных сушилах. В процессе сушки кирпич, установленный на сушильные вагонетки, подвергается воздействию теплого ненасыщенного влагой воздуха и отдает ему воду. На начальном этапе сушки теплоноситель имеет высокую влажность и температуру, близкую к температуре кирпича-сырца, на конечном этапе — низкую влажность и высокую, до 130 °С, температуру. Сушка в туннельной печи организована методом противотока, в камерных метод противотока имитируется. Для сушки полностью используется тепло, полученное при охлаждении кирпича в печи обжига. Обычно это составляет около 50 % от всего необходимого для сушки тепла. Продолжительность сушки в зависимости от формовочной влажности, габаритов и пустотности полуфабрикатов составляет от 18 до 72 ч.

Кирпич-сырец, полученный методом полусухого прессования и методом жесткой экструзии, не нуждается в мягком (длительном) режиме сушки. Применение некоторых типов глин дает возможность сушить полуфабрикат непосредственно в печи обжига, где для этого выделены первые зоны печи. Кирпич пластического формования и ручной формовки перед отправкой в печь дополнительно подсушивают в специальных небольших сушилах — предпечах.

2.2.5 Обжиг

В процессе обжига происходят необходимые изменения в структуре глинистых минералов, в результате спекания образуется прочная структура и кирпич приобретает требуемые свойства. В основном обжиг кирпича ведут в туннельных печах. Применяют

также кольцевые печи со съемным сводом. В качестве топлива подавляющее большинство заводов использует природный газ. Обжиг организован методом противотока в окислительной среде. Это позволяет наиболее полно использовать тепло отходящих газов и обеспечивает полное сгорание топлива. Как правило, в производстве кирпича используют легкоплавкие глины с температурой обжига 950 °С — 1000 °С. При производстве кирпича светлых тонов и клинкера температура обжига обычно выше 1000 °С. Воздух из зоны охлаждения печи полностью используется для сушки кирпича-сырца. Температура отходящих газов составляет обычно 100 °С — 140 °С для предотвращения конденсации паров в дымоходе печи.

Обожженный кирпич, как правило, не нуждается в дополнительной обработке после обжига. Но в некоторых случаях, например, для нейтрализации карбонатов, вызывающих отколы, обожженный и упакованный на поддоны кирпич погружают на несколько минут в воду. В случае производства крупноформатных блоков для кладки на тонкий слой раствора постельные поверхности таких блоков шлифуют.

2.2.6 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства керамического кирпича и поризованного камня

Несмотря на простоту технологической схемы производства кирпича, способов ее реализации много. Выбор способа диктуется в первую очередь требованиями к готовой продукции, а также свойствами сырья. В свою очередь, требования к готовой продукции определяются областью ее применения. При этом будут существенно отличаться как нормативы расходов сырья и энергоносителей для производства для того или иного вида кирпича, так и количество и состав выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Основными решениями, направленными на сокращение негативного воздействия на окружающую среду и повышение ресурсоэффективности производства кирпича и камня керамического, являются:

- оптимизация состава сырья с целью уменьшения температуры обжига и сокращения его цикла;

- совершенствование систем непрерывного контроля температуры и влажности при сушке;

- повышение эффективности системы пылеулавливания с применением современных рукавных фильтров;

- интерактивное компьютерное управление режимом обжига с целью снижения затрат энергии при обжиге;

- снижение уровня шума и вибрации путем улучшения изоляции источников, а также (если необходимо) улучшение звукоизоляции производственных зданий.

2.3 Керамическая плитка

Данный раздел подготовлен специалистами в химической технологии керамики с использованием отечественных и зарубежных источников информации, основными из которых являются учебник по химической технологии керамики [84], справочник ЕС [80] и энциклопедия [91].

Технология производства керамической плитки (КП) включает в себя следующие переделы:

- приемка и хранение сырьевых материалов;
- подготовка сырья;
- формование полуфабриката;
- сушка полуфабриката;
- нанесение глазури, декорирование;
- обжиг;
- послеобжиговая обработка;
- сортировка и упаковка готовых изделий.

Общая технологическая схема представлена на рисунке 2.7 и содержит различные варианты последовательности технологических операций, использующиеся при производстве разных видов керамической плитки (плитки для внутренней облицовки стен однократного или двукратного обжига, глазурованной и неглазурованной плитки для облицовки пола, керамогранита).

Особенностью технологии керамической плитки является высокая степень автоматизации основных технологических стадий, связанная со скоростным обжигом на конвейерных (роликовых) печах.

Декоративные элементы КП (вставки, бордюры) изготавливают из основных плиток на специальных участках, проводя резку и (для бордюров) нанося до 3 слоев дополнительных декорирующих препаратов.

2.3.1 Приемка и хранение сырьевых материалов

Сырьем для производства КП служат глины и каолины, а также непластичные материалы (кварцевый песок, полевые шпаты, нефелины, доломиты и т. д.). Виды глин и их количество в сырьевой смеси зависят от разновидности производимой плитки: для выпуска керамогранита используют огнеупорные глины и каолины, плитки для облицовки пола выпускают с использованием каолинов, огнеупорных и тугоплавких глин, плитки для внутренней облицовки стен — с использованием тугоплавких, легкоплавких глин и, иногда, каолинов. Часто в качестве шамота используют брак обожженных изделий.

Для декорирования керамической плитки используют большое количество декорирующих средств: ангобов, глазури, пигментов и фритт. Фритты, в которых все компоненты уже смешаны, сплавлены и подвергнуты измельчению, используют как при приготовлении глазури, так и отдельных видов декоров, наносимых на поверхность плитки.

Компоненты сырья для производства КП хранятся в крытых складских помещениях с постоянной температурой и влажностью.

Примерные рецептуры массы представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 — Примерный состав массы для производства керамической плитки

Компонент сырья	Влажность, %	Содержание в массе для производства, %		
		плитки для внутренней облицовки стен	плитки для облицовки пола	керамогранита
Каолин	3–5	0–25	5–10	<25
Глина	15–17	25–50	25–70	35–40
Полевошпатное сырье	1	10–30	13–25	35–40
Кварцевый песок	1	10–30	10–15	10–15
Карбонатное сырье	15	10–30	0–10	—
Бой изделий	—	5–20	5–10	< 5

2.3.2 Подготовка сырья

Плитку преимущественно производят методом полусухого прессования, используя для подготовки сырьевых материалов мокрый способ. Крупные куски глин предварительно дробят в валковых мельницах или бегунах. Сырьевые компоненты (глину, песок, плавни) измельчают совместно в шаровых мельницах в воде до получения одно-

родной суспензии (шликера) с размером частиц менее 0,1 мм и влажностью 35 % — 50 %. При более экономичном раздельном способе подготовке пластичных и отощающих компонентов (см. рисунок 2.7) глинистые материалы предварительно распускают в воде. Для тонкого мокрого помола сырьевой смеси широкое распространение получили шаровые многокамерные трубные мельницы непрерывного действия.

Суспензию из бассейнов насосами подают в башенные распылительные сушилки. Сушку осуществляют при температуре 350 °С — 550 °С (в зависимости от характеристик используемого сырья) до остаточного влагосодержания 5 % — 7 %. Полученные гранулы вылеживают в силосах не менее 24 ч.

При производстве керамогранита для окрашивания массы вводят небольшие количества (5 % — 10 %) пигментов путем смешивания полученных на отдельных башенных распылительных сушилках цветных гранул с базовым пресс-порошком.

2.3.3 Формование полуфабриката

Керамическую плитку в основном формуют способом полусухого прессования на гидравлических или, реже, на ударных коленно-рычажных прессах под давлением 30–45 МПа. Как правило, применяют многоштамповые прессы, которые позволяют изготавливать несколько плиток в одном цикле. Наблюдается тенденция к увеличению габаритов плиток и, соответственно, к увеличению мощности используемых прессов.

Некоторые виды плиток (в общем объеме не более 5 %) изготавливают способом пластического формования (экструзии). Такие плитки отличаются большей толщиной. Для подготовки массы в этом случае используют способы подготовки пластичной массы (см. 2.1.3).

2.3.4 Сушка, декорирование и обжиг

Сушку, декорирование (ангобирование, глазурование) и обжиг плиток осуществляют на автоматизированных линиях, представляющих собой роликовый конвейер, который объединяет прессы, сушилки, печи для обжига плитки, систему автоматизированной сортировки и упаковки.

Прессованные заготовки зачищают и сушат преимущественно в вертикальных роликовых сушилках. Температура сушки колеблется в зависимости от применяемой технологии от 120 °С до 350 °С. Остаточное влагосодержание полуфабриката не должно превышать 1 %.

Нанесение ангоба и глазури осуществляют способами полива или распыления в кабинах, установленных на автоматизированной линии. Порядок операций глазурова-

ния и обжига может меняться в зависимости от того, покрывают ли изделия глазурью и проводят ли обжиг в одну или две стадии.

В процессе движения полуфабриката по конвейеру на его поверхность могут наносить рисунок, для чего применяют шелкографию (станки трафаретной печати), декорирование штампом (печать гравированным силиконовым валиком), цифровую печать (при помощи струйных принтеров).

Декорирование керамогранита в основном осуществляют, создавая рисунок смешиванием окрашенных пресс-порошков во всем объеме заготовки или их распределением в поверхностном слое заготовки в пресс-форме непосредственно перед прессованием. Современное декорирование поверхности осуществляется с применением технологии цифровой печати, которая обеспечивает достоверное воспроизведение природных материалов: натурального мрамора, оникса, сланца и редких пород древесины.

Обжиг плиток, в зависимости от их вида, может быть одно- и двукратным. Для производства декорированных вставок и бордюров используют отдельный, обычно третий по порядку, обжиг.

При технологии двукратного обжига сначала производят утельный обжиг в роликовой печи и глазуруют методом распыления или полива. Для маскировки цвета и с целью избежать дефектов глазурования на поверхность плитки перед глазурованием наносят слой ангоба. Обжиг плиток ведут в течение краткого времени (0,5–1 ч) при температурах 950 °С — 1200 °С, после чего их сортируют и упаковывают. Температура обжига зависит от области применения (вида) плиток и определяется их сырьевым составом. Типичные температуры обжига указаны в таблице 2.3.

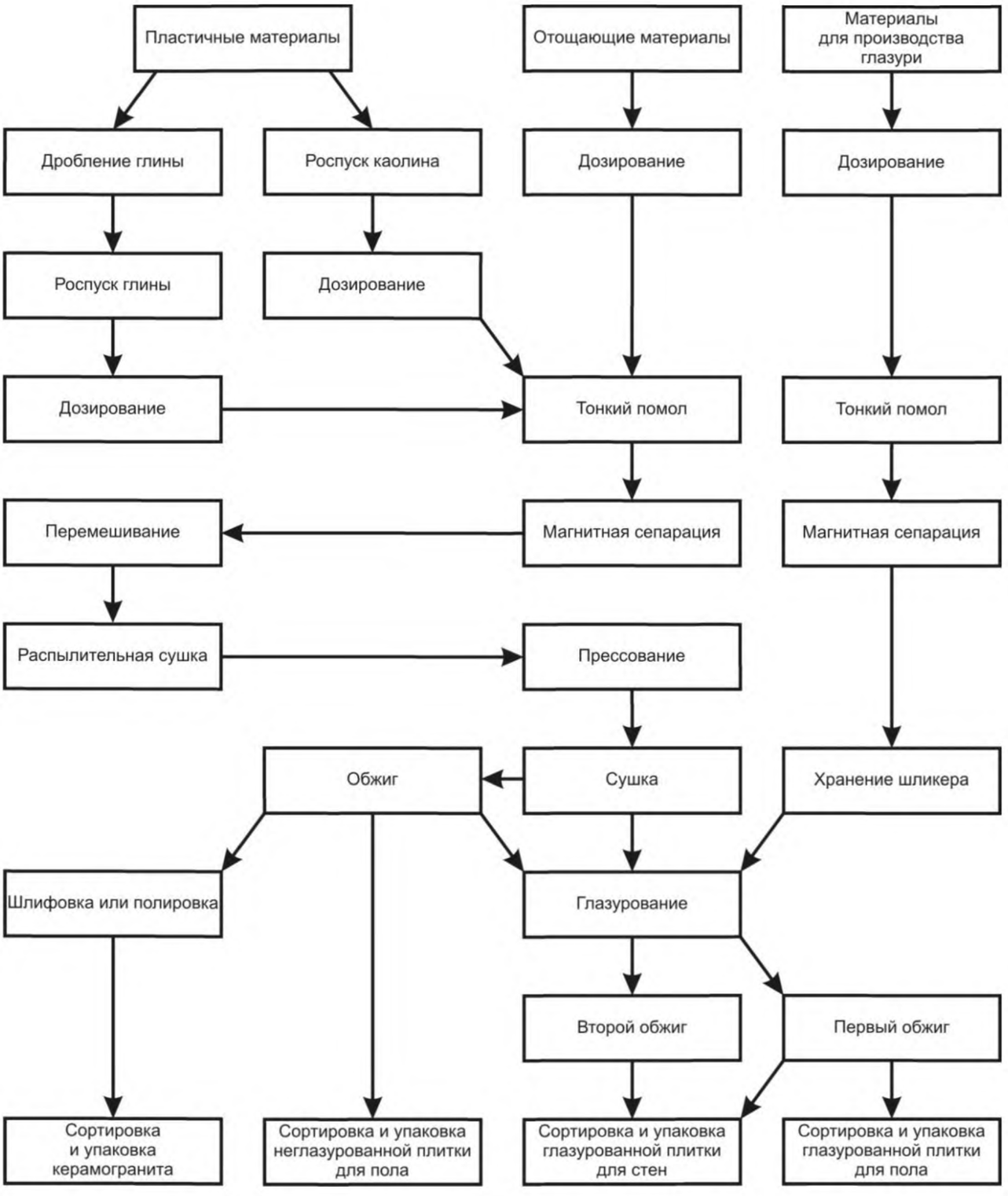

Рисунок 2.7 — Основная технологическая схема производства различных видов керамических плиток

Таблица 2.3 — Типичные температуры обжига керамических плиток

Вид плитки	Область применения	Максимальная температура обжига, °С
Плитка для внутренней облицовки стен	Облицовка стен внутри зданий	980–1050
Плитка для облицовки полов	Облицовка полов внутри зданий	1020–1080 1040–1180
Керамогранит	Облицовка стен и полов, в том числе фасадов и мостовых	1180–1220

Обжиг плиток керамогранита ведут при повышенных температурах (свыше 1200 °С), продолжительность обжига может достигать 2 ч.

Из части обожженных глазурованных плиток изготавливают вставки и бордюры, декорируя специальными средствами и снова подвергая обжигу при температурах 800 °С — 1050 °С.

2.3.5 Послеобжиговая обработка

После обжига плитки подвергают шлифовке и, иногда, полировке. Механическая обработка (шлифовка, полировка) плитки после ее обжига производится в основном для плотных водонепроницаемых плиток керамогранита, широко используемых прежде всего в качестве напольного покрытия.

2.3.6 Сортировка и упаковка готовых изделий

Сортировка и упаковка плиток осуществялется автоматически на конвейерной линии. Прежде всего контролируются размерные характеристики плиток. Плитки упаковывают в картонные коробки, обычно в количестве, соответствующем 1 м^2.

2.3.7 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства керамической плитки

Основными решениями, направленными на сокращение негативного воздействия на окружающую среду и повышение ресурсоэффективности производства керамической плитки, являются:

- увеличение размера и уменьшение толщины плитки;

- оптимизация состава сырья с целью снижения температуры обжига и сокращения его цикла;

- использование мельниц непрерывного действия для подготовки сырьевых компонентов;

- автоматизация сушилок с целью непрерывного контроля температуры и влажности;

- интерактивное компьютерное управление режимом обжига с целью снижения затрат энергии при обжиге;

- повышение эффективности системы пылеулавливания с применением рукавных фильтров или циклонов;

- перемещение пылящего сырья от башенной распылительной сушилки при помощи закрытых конвейеров;

- организация сбора отходов глазури и отходов шлифовки в местах их образования;

- повторное использование шлама в составе формовочной массы;

- использование производственных сточных вод в замкнутом цикле (с очисткой в соответствии с технологическими требованиями);

- снижение уровня шума и вибрации путем улучшения изоляции источников, а также улучшение (если необходимо) звукоизоляции производственных зданий.

Переход на сухой способ подготовки сырья в производстве КП позволяет существенно снизить энергопотребление, но может быть оправдан при использовании компонентов сырья невысокой влажности.

2.4 Огнеупорные изделия

Данный раздел подготовлен производителями огнеупоров совместно со специалистами в химической технологии керамики с использованием отечественных и зарубежных источников информации, основными из которых являются учебник по химической технологии керамики [84], справочник ЕС [80], справочник по огнеупорам для промышленных агрегатов и топок [106], [107] и энциклопедия по огнеупорным материалам [100].

Огнеупорные изделия классифицируют по основному входящему в их состав компоненту. Типы и группы огнеупоров приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Типы и группы огнеупоров по [108] и [109]

Тип	Группа	Содержание определяющих химических компонентов, %
Кремнеземистые	Кварцевые	$SiO_2 \geq 97$
	Динасовые	$SiO_2 \geq 93$
	Динасовые с добавками	$80 \geq SiO_2 < 93$
	Кварцевые (бетонные и безобжиговые)	$SiO_2 \geq 85$
Алюмосиликатные	Полукислые	$SiO_2 < 85$, $Al_2O_3 < 28$
	Шамотные	$28 \leq Al_2O_3 \leq 45$
	Муллитокремнеземистые	$45 \leq Al_2O_3 \leq 62$
	Муллитовые	$62 \leq Al_2O_3 \leq 72$
	Муллитокорундовые	$72 \leq Al_2O_3 \leq 90$
	Из глиноземокремнеземистого стекла (волокнистые)	$40 \leq Al_2O_3 \leq 90$
Глиноземистые	Корундовые	$Al_2O_3 > 90$
Глиноземисто-известковые	Алюминаткальциевые	$Al_2O_3 > 60$, $10 < CaO < 35$
Магнезиальные	Периклазовые	$MgO \geq 85$
Магнезиально-известковые	Периклазоизвестковые	$50 < MgO < 85$, $10 < CaO < 45$
	Периклазоизвестковые стабилизированные	$35 < MgO \leq 75$, $15 < CaO \leq 45$
	Известковопериклазовые (доломитовые)	$10 < MgO \leq 50$, $45 \leq CaO \leq 85$
Известковые	Известковые	$CaO \geq 85$
Магнезиально-силикатные	Периклазофорстеритовые	$65 < MgO < 85$, $SiO_2 \geq 7$
	Форстеритовые	$50 \leq MgO \leq 65$, $25 \leq SiO_2 \leq 40$
	Форстеритохромитовые	$45 \leq MgO \leq 60$, $20 \leq SiO_2 \leq 30$, $5 < Cr_2O_3 < 15$

Окончание таблицы 2.4

Тип	Группа	Содержание определяющих химических компонентов, %
Магнезиально-шпинелидные	Периклазохромитовые	$MgO \geq 60$, $5 \leq Cr_2O_3 \leq 20$
	Хромитопериклазовые	$40 \leq MgO \leq 60$, $15 \leq Cr_2O_3 \leq 35$
	Хромитовые	$MgO < 40$, $Cr_2O_3 > 30$
	Периклазошпинелидные	$50 \leq MgO \leq 85$, $5 \leq Cr_2O_3 \leq 20$, $Al_2O_3 \leq 25$
	Периклазошпинельные	$MgO > 40$, $5 \leq Al_2O_3 \leq 55$
	Шпинельные	$25 \leq MgO \leq 40$, $55 \leq Al_2O_3 < 70$
Хромистые	Хромоксидные	$Cr_2O_3 \geq 90$
Цирконистые	Бадделеитовые	$ZrO_2 > 90$
	Бадделеитокорундовые	$20 \leq ZrO_2 \leq 90$, $Al_2O_3 \leq 65$
	Цирконовые	$ZrO_2 > 50$, $SiO_2 > 25$
Оксидные	Специальные из огнеупорных оксидов BeO, MgO, Al_2O_3, Cr_2O_3, оксиды редкоземельных элементов, ZrO_2, ThO_2, Y_2O_3, Sc_2O_3 и др.	Максимально достижимое содержание перечисленных оксидов, соединений и твердых растворов на основе этих оксидов
Углеродистые	Графитированные	$C > 98$
	Угольные	$C > 85$
	Углеродсодержащие	$8 \leq C \leq 85$
Карбидокремниевые	Карбидкремниевые	$SiC > 70$
	Карбидкремнийсодержащие	$15 \leq SiC \leq 70$
Бескислородные	Из нитридов, карбидов, боридов, силицидов и других бескислородных соединений (кроме углеродистых)	Максимально достижимое содержание перечисленных соединений

В настоящее время в России осуществляется производство высокомагнезиальных, магнезиально-шпинелидных и оксидоуглеродистых огнеупорных изделий различ-

ных форм и размеров, а также неформованных огнеупорных материалов, с использованием как отечественного сырья, так и импортируемого периклаза.

Технология производства огнеупоров включает в себя следующие основные переделы:

- приемка, подготовка и хранение сырьевых материалов;
- формование полуфабриката;
- сушка;
- обжиг;
- сортировка и упаковка готовых изделий.

Общая технологическая схема производства огнеупорных изделий на примере основных огнеупоров показана на рисунке 2.8.

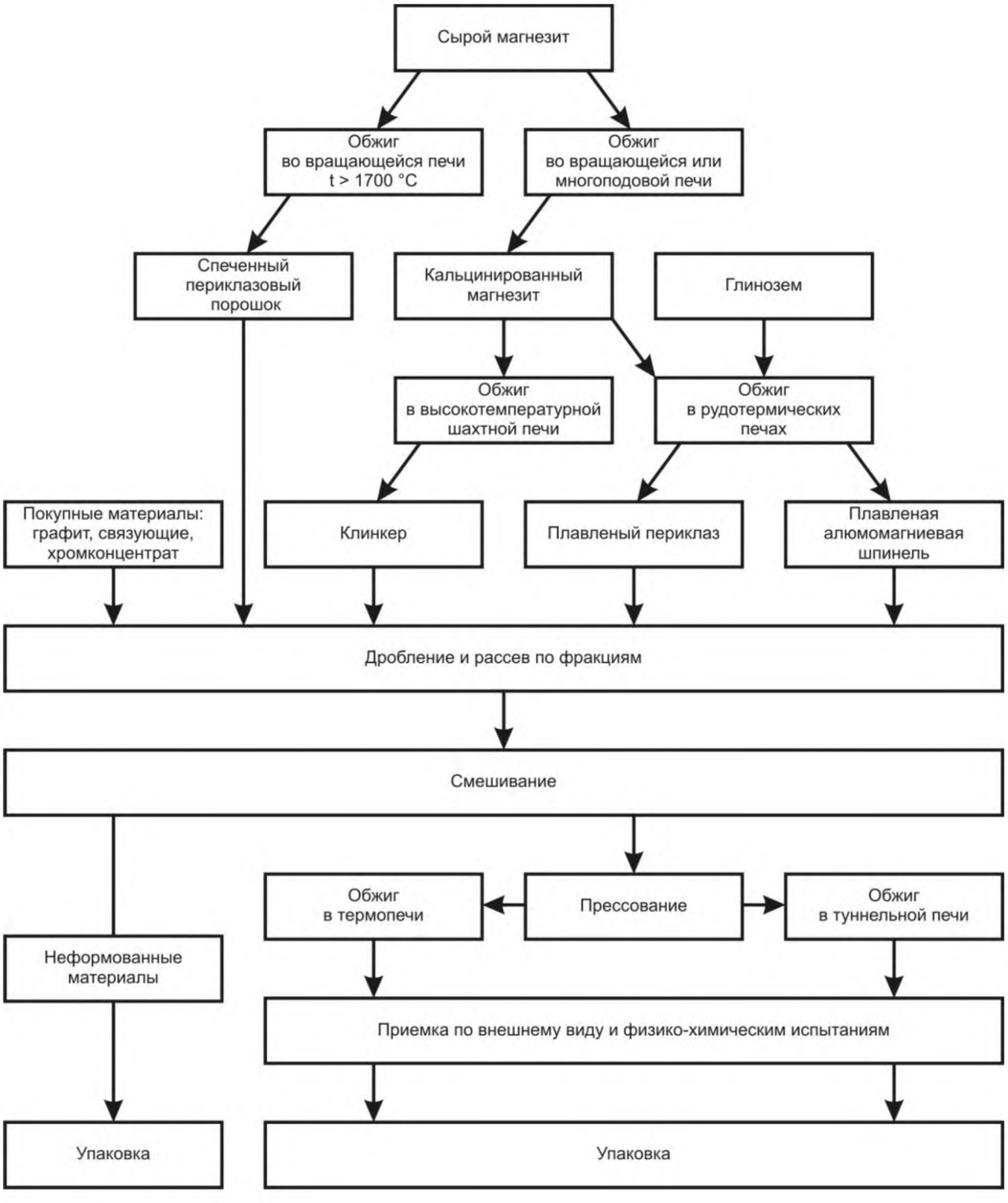

Рисунок 2.8 — Аппаратурно-технологическая схема производства основных огнеупоров

2.4.1 Приемка, подготовка и хранение сырьевых материалов

В качестве сырья при производстве огнеупоров используют огнеупорную глину, шамот, природное минеральное сырье — кварцит, доломит, магнезит, боксит, которое могут подвергать прокаливанию, а также искусственно получаемые материалы (спе-

ченный корунд, карбид кремния, плавленый муллит, спеченный периклазовый порошок и клинкер, плавленый периклаз, шпинель, хромконцентрат). Для получения формовочных масс к измельченным сырьевым материалам добавляют заполнители и связующие самых разных видов: глиняный шликер, сульфитный щелок, каменноугольную смолу, нафталин, синтетические смолы, известковое молоко, воск, фосфорную кислоту, сажу, графит, серу. Сырье хранят в крытых боксах, предварительно измельченные закупаемые материалы содержат в силосах, чтобы избежать их взаимодействия с водой.

Спеченный периклазовый порошок и клинкер для производства изделий и неформованных огнеупоров получают обжигом сырого магнезита во вращающихся печах 90 × 3,5 и 170 × 4,5 м и высокотемпературных шахтных печах в одну или две стадии (через кальцинацию с последующим брикетированием), конечная температура обжига превышает 1700 °С. Обожженные порошки и клинкер могут быть отгружены заказчикам.

Плавленый периклаз получают путем плавки кальцинированного магнезита в руднотермических электродуговых печах способом «на блок». Плавленую алюмомагниевую шпинель получают путем совместной плавки кальцинированного магнезита и глинозема в руднотермической печи способом «на слив».

Сырьевые материалы (периклазовые порошки, клинкер и плавленые материалы) подвергают измельчению до необходимых фракций. Для грубого измельчения используют валковые и конусные дробилки, тонкое измельчение проводят в трубных и вибромельницах. Фракционированный материал, а также графит и хромконцентрат подают в бункера над смесителями. Дозирование материалов в смесители периодического действия, где масса гомогенизируется, производят при помощи весовых дозаторов. При необходимости в смеситель вводят связующее. Неформованные материалы (торкретмассы, набивные массы) сразу после перемешивания затаривают для отгрузки потребителю.

2.4.2 Формование полуфабриката

После смесителя массу для изготовления изделий подают на гидравлические прессы. Спрессованные изделия (сырец) передают на термообработку или высокотемпературный обжиг. Также в производстве огнеупоров применяют такие способы формования, как виброформование, вибролитье, шликерное литье.

2.4.3 Сушка

Сушку полуфабриката ведут в камерных или туннельных сушилках, ее продолжительность в зависимости от размеров и формы изделий составляет от суток до нескольких недель. Крупноразмерные изделия сушат при контролируемой влажности воздуха-теплоносителя. Остаточная влажность перед началом обжига должна быть менее 1 %.

2.4.4 Обжиг

Оксидоуглеродистые изделия направляют в термопечь, где при температуре 240 °С — 260 °С происходит их термообработка. Высокомагнезиальные и магнезиально-шпинелидные изделия подают на вагонетках в туннельную печь, где происходит обжиг изделий при температуре свыше 1650 °С.

2.4.5 Сортировка и упаковка готовых изделий

Изделия после термопечи и туннельной печи подвергают сортировке по внешнему виду и размерам. В особых случаях проводят послеобжиговую обработку огнеупорных изделий путем шлифовки, полировки или токарной обработки сухим либо мокрым способом. Готовую продукцию проверяют на соответствие нормативной документации. После физико-химических испытаний, а также проверки на соответствие требованиям к форме, размерам и структуре продукцию упаковывают. Транспортировку пакетов с изделиями и «биг-бэгов» с неформованными материалами потребителям осуществляют автомобильным и железнодорожным транспортом.

2.4.6 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства

Основными решениями, направленными на сокращение негативного воздействия на окружающую среду и повышение ресурсоэффективности производства огнеупоров, являются:

- оптимизация состава сырья с целью уменьшения температуры обжига и сокращения его цикла;

- использование по возможности сухого способа подготовки сырья;

- интерактивное компьютерное управление режимом обжига с целью снижения затрат энергии на обжиг;

- снижение уровня шума и вибрации путем улучшения изоляции источников, а также улучшение (если необходимо) звукоизоляции производственных зданий.

2.5 Санитарно-технические изделия

Данный раздел подготовлен специалистами в химической технологии керамики с использованием отечественных и зарубежных источников информации, основными из которых являются учебник по химической технологии керамики [84], справочник ЕС [80], [100] и энциклопедия [91].

Технология производства санитарно-технических изделий (СТИ) включает в себя следующие переделы:

- приемка и хранение сырьевых материалов;
- приготовление шликера и глазури;
- формование полуфабриката;
- оправка и подвялка полуфабриката;
- сушка полуфабриката;
- глазурование;
- обжиг;
- сортировка и упаковка готовых изделий.

2.5.1 Приемка и хранение сырьевых материалов

Для производства санитарных керамических изделий, как и для других керамических изделий, применяют пластичные и отощающие материалы.

Пластичные материалы — это огнеупорные, тугоплавкие глины и каолины первичные или обогащенные.

Отощающие материалы — кварцевый песок, бой обожженных изделий, полевой шпат, пегматит, гранит.

Товарный вид и высокие гигиенические свойства СТИ придает глазурное покрытие. Составы глазурей многокомпонентны. Для приготовления глазури используют полевые шпаты, глины, каолины, кварцевый песок, мел, доломит, цирконовый концентрат, оксид цинка, углекислый барий, фритты и ряд других компонентов регулирующих свойства глазурного покрытия. Для окрашивания глазурей используют пигменты или красящие окислы.

Для регулирования литейных свойств основного и глазурного шликера используют добавочные материалы — электролиты: неорганические — силикат натрия, каль-

цинированную соду, гидрат окиси бария; органические — углещелочной реагент, танин, сложные полиакрилаты, производные карбоксиметилцеллюлозы.

Сырьевые материалы поступают на склад в насыпном или упакованном виде в железнодорожных вагонах или автотранспортом. Сырье хранят в отдельных отсеках закрытого склада. При поступлении на склад все сырьевые материалы подвергают входному контролю.

Общая технологическая схема производства СТИ показана на рисунке 2.9. Ориентировочные составы массы и глазури указаны в таблице 2.5.

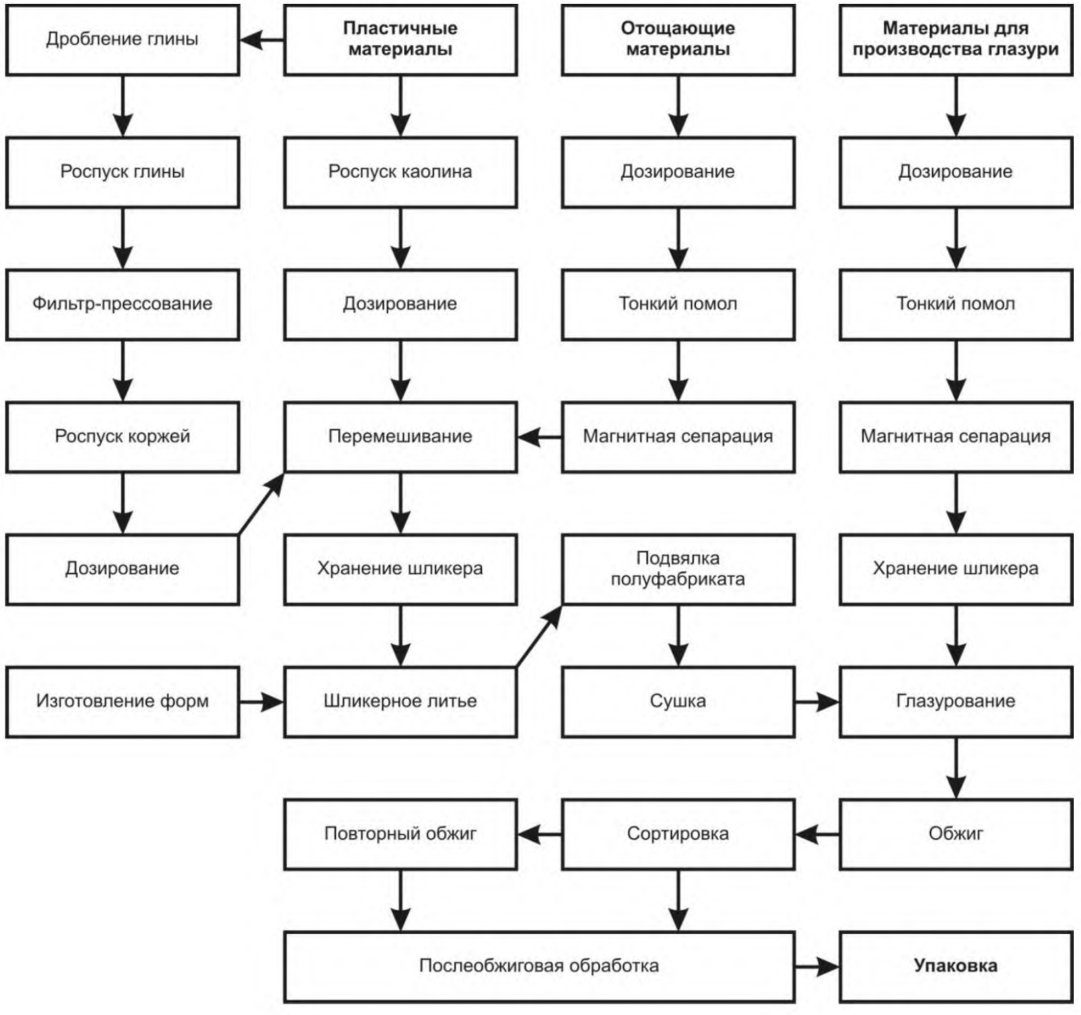

Рисунок 2.9 — Технологическая схема производства санитарно-технических изделий из керамики

Таблица 2.5 — Ориентировочные состав массы и глазурей для производства санитарно-технических изделий

Наименование сырья	Содержание, %	
	в массе	в глазури
Каолины	25–33	2–7
Глины	10–26	1–5
Полевошпатное сырье	15–40	20–28
Кварцевый песок	20–30	20–27
Карбонатное сырье	0–3	8–10
Другие добавки	1–5	До 25
Бой изделий	0–10	0–3

2.5.2 Приготовление шликера и глазури

Начало технологического процесса изготовления санитарных керамических изделий — массоприготовление (приготовление шликера).

Основные задачи этого технологического передела — разрушение природной структуры сырьевых материалов, их дезагрегирование, удаление вредных примесей, правильное дозирование шихтовых компонентов и придание однородности массе путем тонкого измельчения компонентов.

Отощающие компоненты массы при необходимости подвергают крупному дроблению в щековых или конусных дробилках, мелкому дроблению на молотковых дробилках или бегунах.

Дробление глин при необходимости производят на горизонтальном стругаче.

При использовании глин с высоким содержанием вредных примесей (растворимых солей) применяют прессовый метод подготовки глин — роспуск в бассейнах с последующим обезвоживанием на фильтр-прессах и дальнейшим роспуском полученных «коржей».

Последующей операцией по приготовлению шликера является тонкий помол компонентов и приготовление водной суспензии, пригодной для литья. Существует несколько методов приготовления шликера для производства СТИ (в зависимости от способа измельчения): совместный помол отощающих и глинистых компонентов, раздельный и комбинированный.

При раздельном и комбинированном методе для помола отощающих применяют шаровые мельницы мокрого помола, конусные или шаровые мельницы сухого помола. Роспуск глин производят в пропеллерных мешалках.

В процессе приготовления шликер проходит многократное ситовое и магнитное обогащение. Окончательной стадией приготовления шликера является доведение его до литьевых параметров при помощи электролитов и выдержка.

Для эффективного разжижения глинистого шликера используют электролиты (силикаты и карбонаты натрия, натриевые соли карбоновых кислот и др.), которые добавляют непосредственно при роспуске глинистых или при роспуске «коржей», образовавшихся после фильтр-пресса. Количество электролитов обычно составляет 0,1–0,3 % от массы глинистых компонентов.

Отходы массы, образуемые при производстве СТИ (избыток шликера из форм, брак формования, подвялки и сушки, отходы оправки) возвращают в производство по отдельной технологической нитке, используя роспуск и фильтр-прессование.

Количество шликера, полученного из возвратных отходов и добавляемого в основной, не должно превышать 30 %.

Особое внимание при производстве СТИ уделяют качеству воды (содержанию в ней растворимых примесей), для эффективности процесса шликерного литья воду часто подвергают предварительной очистке. Качество воды особо важно при производстве СТИ способом литья под давлением.

Глазурь аналогично шликеру готовят путем совместного помола всех входящих в нее компонентов в шаровых мельницах мокрого помола. Соотношение материалов, воды и шаров обычно принято 1:1:1,3. Для лучшей адгезии к поверхности полуфабриката в состав глазури вводят клеящие вещества (карбометилцеллюлозу и ее производные).

2.5.3 Формование

Формование (шликерное литье) СТИ производят сливным или наливным способом в гипсовые и полимерные пористые формы.

Основные операции традиционного шликерного литья в гипсовые формы (сборка форм, заливка шликером, выдержка шликера в форме для набора массы, слив избытка шликера, выдержка набранного слоя для закрепления полуфабриката, разборка форм) выполняют с использованием механизированных стендов, на которых одновременно производят несколько десятков полуфабрикатов.

На участке формования (литья) обеспечивают стабильные температурно-влажностные условия, во многом определяющие продолжительность каждой стадии формования и качество продукта. После формования полуфабрикат извлекают из формы и отправляют на операцию оправки. В среднем в каждой форме стенда осуществляют формование 1–2 полуфабрикатов в сутки.

Для формования используют рабочие гипсовые формы, изготовленные на гипсомодельном участке производства способом литья в специальные капы (матрицы). Капы производят из гипсоцементного раствора или синтетических смол, более прочных и обеспечивающих лучшее качество поверхности. Гипсовые формы, вышедшие из употребления, утилизируют за пределами производства, например, на производствах цемента.

Более прогрессивным и получающим все большее внедрение способом формования СТИ служит высокопроизводительное шликерное литье под давлением в полимерные формы. Этот способ реализуется на автоматизированных прессах и стендах, на которых предварительно подогретый до 40 °С — 45 °С шликер подается под давлением 6–15 бар в пористые полимерные формы.

Процесс литья на таких установках включает в себя сборку формы, заливку шликера в форму под давлением, выдержку, сбор давления, разборку формы, извлечение полуфабриката и очистку формы. Весь процесс формования в автоматизированном прессе или стенде литья под давлением занимает 15–30 мин, что многократно превышает производительность процесса традиционного литья. Существуют также установки для литья под средним давлением (2–4 бар), использующие специальные гипсовые формы.

Преимуществом шликерного литья под давлением в полимерные формы является высокая производительность, точность размеров полуфабриката, хорошее качество поверхности полуфабриката, длительный срок службы форм. Недостатком литья под давлением является высокая стоимость оборудования и форм, оправданная при большой производительности участка формования.

2.5.4 Оправка и подвялка полуфабриката

После извлечения из форм полуфабрикаты дополнительно обрабатывают (оправляют), зачищая швы, заделывают технологические отверстия и трещины, прорезают монтажные отверстия.

Перед сушкой полуфабрикаты подвяливают в течение 24–48 ч, выдерживая в условиях цеха (влажность 45 % — 55 %, температура 25 °С — 35 °С), после чего отправляют на сушку.

2.5.5 Сушка

Сушку полуфабриката проводят в камерных или туннельных сушилках при температуре 60 °С — 90 °С до влажности 1 %. Продолжительность сушки составляет от 6 до 20 ч. Для перемещения полуфабриката используют специальные тележки, на которых изделия устанавливают в один или несколько ярусов или конвейеры. Сушка осуществляется конвекцией теплоносителя (подогретого воздуха), нагнетаемого вентиляторами в пространство сушилки. Потоки воздуха распределяют по поперечному и продольному сечениям сушилки, обеспечивая равномерный и постоянный съем влаги с поверхности полуфабриката.

После сушки полуфабрикат очищают от пыли, обдувая сжатым воздухом, смачивают поверхность проблемных мест полуфабриката керосином (керосиновый контроль) и подвергают визуальному осмотру на предмет обнаружения посечек и трещин.

2.5.6 Глазурование

Глазурование СТИ осуществляют способом распыления и полива как вручную, так и с использованием глазуровочных конвейеров и глазуровочных роботов.

Для некоторых изделий способы глазурования комбинируют (полив и распыление), добиваясь равномерного покрытия слоем глазури толщиной до 1 мм лицевых рабочих поверхностей.

После глазурования полуфабрикаты зачищают и отправляют к печам для обжига, где устанавливают на обжиговые вагонетки. Перед обжигом глазурованные полуфабрикаты выдерживают 6–8 ч для подсушки нанесенного слоя глазури.

2.5.7 Обжиг

Обжиг СТИ проводят в туннельных, реже в камерных, печах при температурах 1200 °С — 1250 °С. Продолжительность обжига составляет от 12 до 20 ч.

Для реставрации («лечки») изделий с незначительными дефектами глазурного слоя, обнаруженными после обжига, проводят повторный обжиг в камерных печах при температурах 1050 °С — 1200 °С. Для реставрации дефектов изделий на проблемные места наносят глазурные препараты или изделия покрывают цветными глазурями со

специальными эффектами. В некоторых случаях используют «холодную лечку» устраняя дефекты полимерными составами.

Для декорирования изделий иногда применяют деколи, которые наносят на глазурованные изделия, прошедшие обжиг, затем проводят повторный обжиг.

2.5.8 Сортировка и упаковка изделий

Прошедшие обжиг изделия сортируют, проводят функциональные испытания. Бракованные изделия, не подлежащие реставрации, отправляют в бой для дальнейшей переработки и использования в составе шликера.

Для улучшения качества изделий монтажные поверхности изделий могут подвергать шлифованию.

Годные изделия упаковывают в специальную гофротару, комплектуя необходимой арматурой.

До отгрузки потребителю упакованные СТИ хранят на специализированных складах.

2.5.9 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства

Основными решениями, направленными на сокращение негативного воздействия на окружающую среду и повышение ресурсоэффективности производства санитарно-технических изделий, являются:

- оптимизация состава сырья с целью уменьшения температуры обжига и сокращения его цикла;
- интерактивное компьютерное управление режимом обжига с целью снижения затрат энергии при обжиге;
- замена туннельных печей роликовыми, с укороченным циклом обжига и меньшим соотношением массы огнеприпаса к массе обжигаемых изделий [31];
- автоматизация сушилок с целью непрерывного контроля температуры и влажности;
- обеспечение эффективного пылеулавливания с применением рукавных фильтров или циклонов;
- установка систем сбора отходов глазури в местах их образования;
- повторное использование шлама в составе шликера;
- организация водооборота;

- использование пластиковых форм (капов) взамен гипсовых (гипсо-цементных) с целью увеличения срока службы и улучшения качества полуфабрикатов;

- использование «холодных» способов реставрации изделий с дефектами поверхности;

- снижение уровня шума и вибрации путем улучшения изоляции источников, а также улучшение (если необходимо) звукоизоляции производственных зданий.

2.6 Керамика хозяйственно-бытового назначения

Данный раздел подготовлен российскими практиками с использованием отечественных и зарубежных источников информации, основными из которых являются учебник по химической технологии керамики [84], справочник ЕС [80] и энциклопедия керамики [91].

Для изготовления керамических изделий хозяйственно-бытового назначения применяют широкий спектр материалов: твердый фарфор, мягкий (в том числе костяной) фарфор, фаянс, майолику и пр. Технологические схемы (технологические переделы) производства изделий их этих материалов достаточно близки. Различия состоят в используемых сырьевых компонентах, их соотношении, температурах обжига и приемах декорирования.

Технология керамических изделий хозяйственно-бытового назначения включает в себя следующие переделы:

- хранение сырьевых материалов;
- подготовка формовочной массы;
- формование;
- сушка;
- первый (утельный) обжиг;
- глазурование;
- второй (политой) обжиг;
- контроль;
- декорирование
- третий (декорирующий) обжиг;
- контроль, сортировка и упаковка.

2.6.1 Хранение сырьевых материалов

Для производства посуды и художественно-декоративных изделий применяют глины, каолины, кварц (кварцевый песок), полевые шпаты и породы, их содержащие (пегматит), а также карбонатные породы (доломит, мел, известняк), тальк и другие добавки.

Ориентировочные составы массы и глазури указаны в таблице 2.6. Большой разброс в содержании компонентов сырья объясняется разнообразием рецептуры для производства посуды: наряду с фарфоровой посудой (для которой характерно соотношение глинистых и каменистых компонентов примерно равное 1 : 1), получившей наибольшее распространение, выпускают посуду из майолики, фаянса (с преобладанием глинистого сырья) и каменной керамики (в которой может отсутствовать глинистый компонент).

Таблица 2.6 — Ориентировочные составы некоторых масс для производства посуды

Наименование сырья	Содержание, мас. %				
	Твердый фарфор	Костяной фарфор	Твердый фаянс	Майолика	Каменная керамика
Каолины	50–55	25–40	25–50	0–25	0–50
Глины	0–25	—	15–40	25–40	0–50
Полевошпатное сырье	15–30	25–30	3–8	0–15	5–30
Кварцевый песок	10–35	—	30–50	30–40	20–70
Карбонатное сырье	—	—	—	0–35	—
Другие добавки	—	25–50 *	0–35	—	—
* В костяном фарфоре в качестве плавня используется костяная зола.					

Типовая технологическая схема производства фарфоровых изделий представлена на рисунке 2.10.

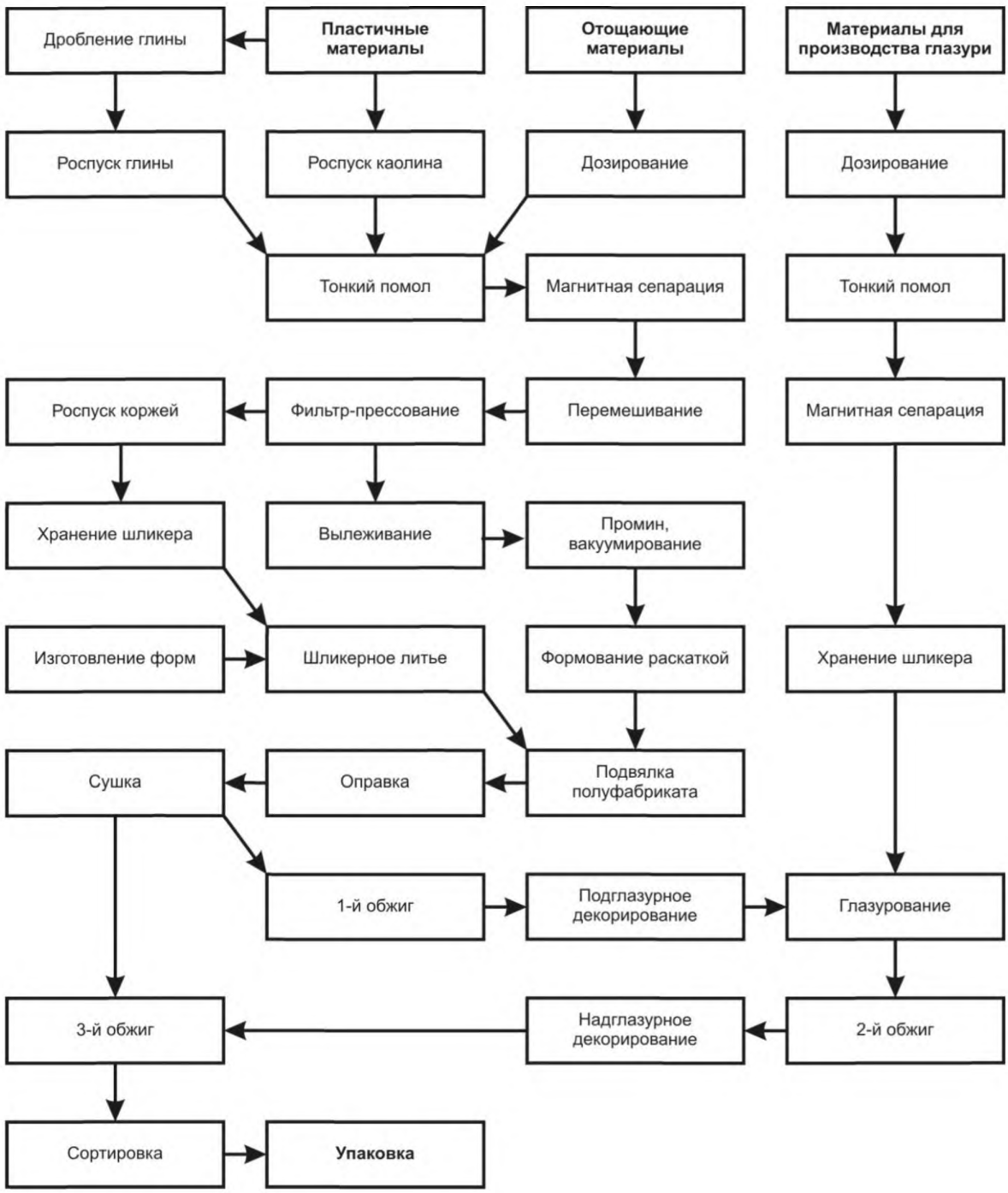

Рисунок 2.10 — Технологическая схема производства фарфоровых изделий хозяйственно-бытового назначения

В качестве примера производства керамической посуды рассмотрена технология фарфоровых изделий как наиболее полно включающая в себя характерные технологические переделы, в той или иной степени используемые и в технологии разнообразных керамических изделий хозяйственно-бытового назначения.

Сырьевые материалы поступают на склад в насыпном (глина, кварцевый песок) или упакованном (каолин, полевой шпат) виде и хранятся в отдельных отсеках закрытого склада при поддержании стабильных условий влажности и температуры.

2.6.2 Подготовка формовочной массы

Керамические изделия хозяйственно-бытового назначения формуют пластичным формованием (раскаткой пласта) и методом шликерного литья в гипсовые формы. Для подготовки шликера глинистые материалы (глины, каолины) при необходимости предварительно измельчают в глинорезках и распускают в бассейнах с пропеллерными мешалками.

Каменистые компоненты массы (кварцевый песок, полевошпатные материалы и др.) подвергают дроблению в щековых дробилках и бегунах и тонкому помолу в шаровых мельницах. Полученный шликер процеживают через вибросита, подвергают магнитной сепарации и хранят при перемешивании в расходных бассейнах.

Для эффективного разжижения глинистого шликера используют электролиты (силикаты и карбонаты натрия, натриевые соли карбоновых кислот и др.), которые добавляют непосредственно при роспуске глинистых.

Компоненты глазури подвергают длительному помолу в шаровых мельницах, процеживанию и магнитной сепарации. Для получения глазурного шликера также используют электролиты.

Отходы массы, образуемые при производстве фарфора (избыток шликера из форм, брак сушки, отходы оправки) возвращают в производство по отдельной технологической нитке, используя роспуск, фильтр-прессование.

Особое внимание при производстве фарфоровой посуды уделяют качеству воды (содержанию в ней растворимых примесей), для эффективности процесса шликерного литья воду могут подвергать предварительной очистке, например, в установках обратного осмоса.

После роспуска в воде глинистых материалов (глин и каолинов) их смешивают с тонкоизмельченным (мокрый помол в шаровых мельницах) каменистым кварц-полевошпатным сырьем. Для удаления примесей железа шликер подвергают электромагнитой сепарации.

Полученную жидкую массу влажностью 55 % – 60 %, а иногда и до 65 %, частично обезвоживают на фильтр-прессах до влажности 22 % — 27 %. Отжатую на фильтр-прессах массу подвергают гомогенизации и вакуумированию. После вылеживания она готова к пластичному формованию.

При подготовке шликера для формования методом литья в гипсовые формы полученную на фильтр-прессах массу вновь распускают в мешалках, доводя влажность до оптимальных для получения требуемой текучести значений (29 % — 33 %).

Пластичное формование. Для формования плоской и некоторых видов полой посуды (тарелок, блюдец, пиал и т. п.), имеющих примитивную форму тел вращения, используют раскатку пластичного пласта влажностью 23 % — 25 % на гипсовых или пластмассовых формах с помощью формующих роликов или шаблонов (см. 2.1.3.4.2).

Шликерное литье. Этот способ применяют в производстве в основном полых несимметричных и (или) тонкостенных, а также декоративных изделий сложной формы. Суть метода состоит в том, что шликер заливают в пористую форму, обычно изготавливаемую из гипса. За счет капиллярного всасывания на внутренней поверхности формы происходит удаление воды из шликера и образование плотной отливки. При достижении необходимой толщины стенки шликер сливают и образовавшуюся в форме заготовку выдерживают до набора прочности, необходимой для ее извлечения из формы. Такой способ шликерного литья называют сливным и используют для формования тонкостенных изделий. При наливном способе, используемом для формования толстостенных изделий, масса набирается в полости между двумя стенками полости гипсовой формы и заполняет ее полностью (см. 2.1.3.4.3).

Успешно внедряется на отечественных предприятиях формование посуды способами шликерного литья под давлением в полимерные формы и изостатического прессования (см. 2.1.3.4.1).

После формования полуфабрикаты подвяливают и проводят оправку. К чашкам и чайникам приставляют (приклеивают шликером) заранее отформованные приставные детали (ручки и носики).

2.6.3 Сушка

Сушку отформованных изделий обычно проводят конвективным способом в вертикальных или горизонтальных конвейерных, а также в карусельных сушилах по режимам, установленным для каждого типа продукции в зависимости от массы и толщины стенки. Длительность сушки при этом определяется временем, необходимым для достижения необходимой влажности (1 % — 2 %).

2.6.4 Первый (утельный) обжиг

Назначение первого обжига — упрочить полуфабрикат, поскольку относительно тонкий черепок необожженных изделий при последующем глазуровании размокает и деформируется под собственным весом.

Обычно утельный обжиг проводят при температурах 900 °С — 1100 °С (за исключением обжига фаянса, для которого температура первого обжига может достигать 1280 °С) в камерных печах периодического действия или в туннельных печах непрерывного действия.

По мере повышения температуры из материала испаряется остаточная (формовочная) и гигроскопическая влага, удаляется кристаллическая вода из структуры глинистых минералов, происходит выгорание органических примесей, содержавшихся в минеральном сырье. Таким образом, фарфоровая масса в результате первого обжига уже не может вновь стать пластичной под воздействием воды.

2.6.5 Глазурование

Обычно глазурование посуды проводят методом окунания. При этом суспензия глазури равномерно покрывает изделие за счет того, что вода впитывается в пористый черепок, и на его поверхности остается тонкий слой твердых компонентов глазури. Толщина слоя регулируется длительностью погружения в суспензию глазури.

На этом же этапе происходит выбраковка изделий с дефектами от первого обжига.

После глазурования полуфабрикаты в специальных огнеупорных капселях устанавливают на обжиговые вагонетки.

2.6.6 Второй (политой) обжиг

Назначение второго обжига фарфоровых изделий — спекание керамики до плотного состояния, а также расплавление и растекание расплава глазури по поверхности изделия. Для фаянса спекание завершается в процессе утельного обжига и, как для майолики, значительно упрочняет изделие, но не устраняет пористость.

В зависимости от минерального состава фарфоровой массы температура политого обжига твердого фарфора составляет 1360 °С — 1430 °С, для других разновидностей хозяйственно-бытовой керамики температура этого обжига составляет от 950 °С до 1250 °С.

После политого обжига посуда приобретает весь комплекс технических свойств: постоянство размеров, прочность, твердость, химическую и термическую стойкость и ряд декоративных свойств, например таких как белизна и просвечиваемость.

2.6.7 Сортировка

На этом этапе происходит контроль дефектов изделий после политого обжига, их сортировка по наличию и количеству допустимых дефектов, а также комплектация сервизов/наборов по белизне.

2.6.8 Декорирование

Декорирование — завершающий этап формирования потребительских свойств изделий хозяйственно-бытового назначения. Техника, применяемая для декорирования, весьма разнообразна: аэрография, штамп, офсетная печать, деколь, отводка, ручная роспись и пр., а также их комбинации. Основная особенность декорирования керамической посуды состоит в использовании специальных «керамических» красок, которые обычно состоят из тугоплавких пигментов (15–20 масс. %) и флюсов. Пигменты представлены чаще оксидами или соединениями на их основе, а также другими тугоплавкими соединениями металлов, образующими в результате термообработки химически стойкие окрашенные соединения с флюсом, глазурью или черепком фарфорового изделия.

Также для декорирования используют люстры — тонкие, с эффектом перламутрового блеска пленки оксидов и металлов, образующиеся в результате декорирующего обжига из растворов органических соединений металлов (Mn, Co, Cr, Fe и др., в том числе благородных) в эфирных маслах и органических растворителях.

2.6.9 Третий (декорирующий) обжиг

Назначение декорирующего обжига — закрепление декора на поверхности глазури (или в ее объеме). Обжиг проводят при температуре 720 °С — 880 °С. В ряде случаев, например при многоцветном декоре, возможно неоднократное повторение «третьего обжига», в зависимости от температуры плавления флюсов и стойкости пигментов керамических красок различных цветов.

2.6.10 Контроль и упаковка

После выходного контроля и комплектации сервизов (наборов) продукцию упаковывают и отправляют потребителю или в сбытовые структуры предприятия.

2.6.11 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства

Основными мерами по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства посуды и художественно-декоративных изделий являются:

- оптимизация состава сырья с целью уменьшения температуры обжига и сокращения его цикла;
- утилизация тепла отходящих газов;
- автоматизация сушилок с целью непрерывного контроля температуры и влажности;
- использование скоростных циклов обжига в роликовых печах;
- использование пластмассовых форм взамен гипсовых с целью сокращения твердых отходов;
- повышение эффективности системы пылеулавливания с применением рукавных фильтров;
- установка систем сбора отходов глазури в местах их образования;
- повторное использование шлама в составе шликера;
- организация водооборота.

2.7 Техническая керамика (изоляторы)

Данный раздел подготовлен специалистами в химической технологии керамики с использованием отечественных и зарубежных источников информации, основными из которых являются учебник по химической технологии керамики [84], справочник ЕС [80] и энциклопедия [91].

Универсальной технологической схемы для производства изделий технической керамики (ТК) не существует, поскольку для каждого из материалов используют специфическое сырье, требующее своих способов подготовки и формования. Сырье для получения ТК — во многих случаях материалы искусственного происхождения. Для получения требуемых свойств изделий применяют наиболее эффективные и дорогие

способы формования и спекания, такие как горячее прессование, горячее изостатическое прессование, импульсное спекание и др.

Наряду с ТК на основе искусственного сырья достаточно широко используют керамические материалы, полученные из традиционного, в том числе глинистого, сырья. В качестве примера производства ТК рассмотрена технология фарфоровых электроизоляторов.

2.7.1 Технология производства фарфоровых изоляторов

Технология производства фарфоровых электроизоляторов включает в себя следующие переделы:

- хранение сырьевых материалов;
- подготовка формовочной массы;
- формование;
- сушка;
- глазурование;
- обжиг;
- контроль;
- сборка.

Общая технологическая схема представлена на рисунке 2.11 так как для производства фарфоровых изоляторов используют типовое сырье для производства фарфора (пластичные и отощающие компоненты), схема подобна технологическим схемам производства фарфоровой посуды и санитарно-технических изделий.

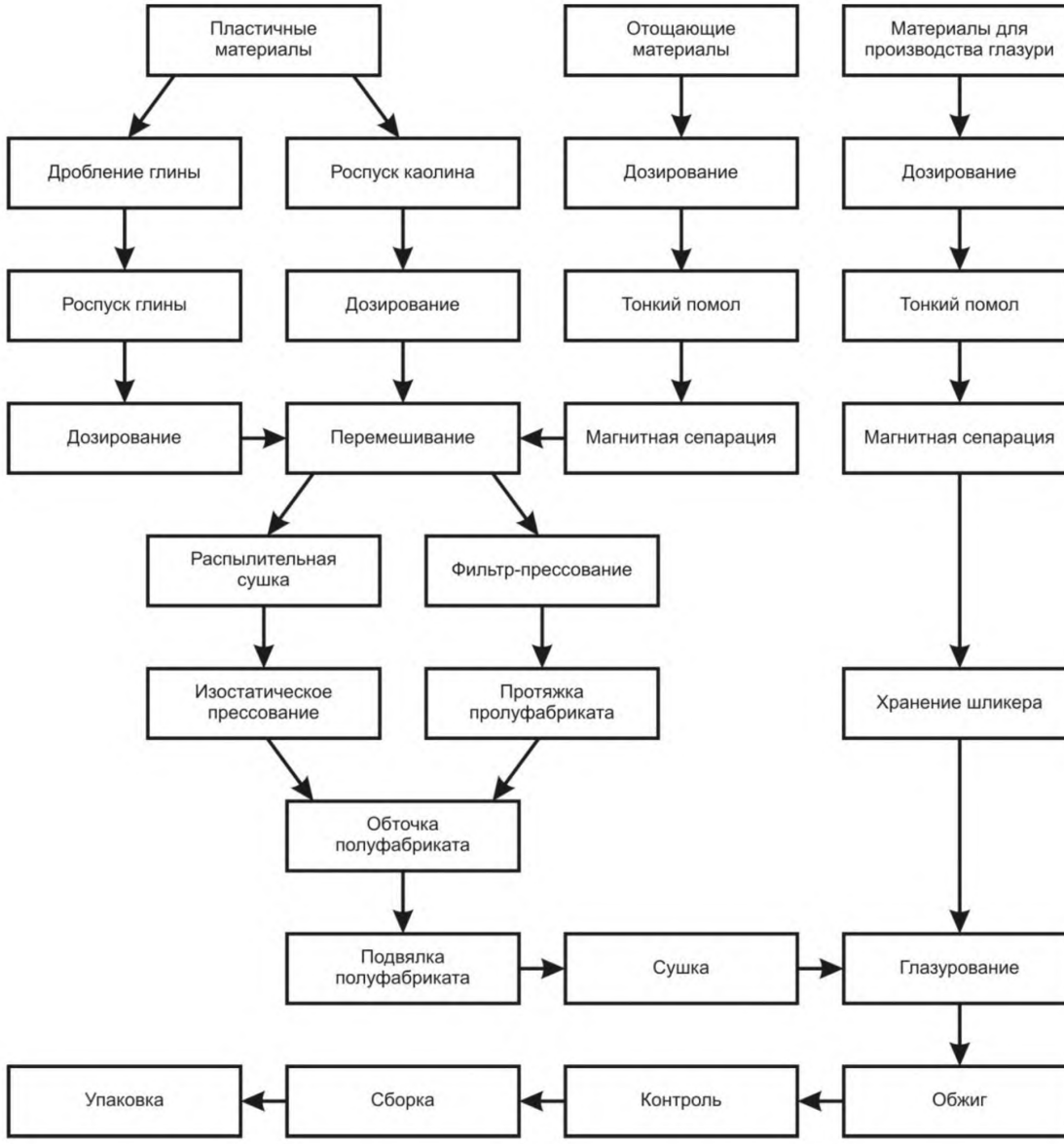

Рисунок 2.11 — Технологическая схема производства фарфоровых электроизоляторов

2.7.1.1 Хранение сырьевых материалов

Сырьем для производства фарфоровых электроизоляторов служат каолины, огнеупорные глины, кварцевый песок и полевошпатовые материалы (полевые шпаты, пегматиты). Для повышения электроизоляционных свойств в состав сырья нередко вводят глинозем. Типичные составы массы приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 — Примерный состав массы и глазурей для производства электрофарфоровых изоляторов

Компонент сырья	Влажность, %	Содержание, %	
		в массе	в глазури
Каолин	3–5	20–30	3–5
Глина	15–17	15–20	5
Полевошпатное сырье	1	35–40	13–25
Кварцевый песок	1	10–15	30–35
Карбонатное сырье	15	—	3–10
Другие добавки	—	До 5	До 15
Бой изделий	—	5–10	20–30

Сырьевые материалы поступают на склад в насыпном (глина, кварцевый песок) или упакованном (каолин, полевой шпат) виде и хранятся в отдельных отсеках закрытого склада при поддержании стабильных условий влажности и температуры.

2.7.1.2 Подготовка формовочной массы

Заготовки (полуфабрикат) фарфоровых изоляторов формуют способами пластического формования (протяжкой, штамповкой) и изостатического прессования, для чего шликерным (мокрым) способом готовят пластическую массу и пресс-порошок. После роспуска в воде глинистых материалов (глин и каолинов) их смешивают с тонкоизмельченным (мокрый помол в шаровых мельницах в течение 6–8 ч) каменистым полевошпатным сырьем. Для избавления от электропроводных примесей железа шликер подвергают электромагнитой сепарации.

Тщательно перемешанный шликер обезвоживают до влажности 19 % — 23 % (на фильтр-прессах) и до влажности до 4 % — 6 % (в башенных распылительных сушилках). Для различных способов формования изделий полученную массу могут подсушивать (подвяливять) до влажности 17 % — 21 %, а пресс-порошок подсушивать до влажности 1 % — 4 % или, напротив, увлажнять до влажности 12 % — 14 %.

2.7.1.3 Формование

Несмотря на одинаковый состав массы, разнообразие видов и форм электроизоляторов определяет разнообразие способов их формования, что характерно для изделий технической керамики. Изоляторы формуют способами обточки на многорезцовых

токарных станках трубчатых заготовок пластичных масс, подвяленных до влажности 17 % — 19 %, способами штамповки в металлических формах пластичных заготовок с влажностью 19 % — 23 %, раскаткой шаблонами пластов влажностью 22 % — 23 % с последующей склейкой полученных деталей, прессованием порошков влажностью 12 % — 14 %, изостатическим прессованием пресс-порошков с влажностью 1 % — 4 %.

Некоторые типы изоляторов могут быть отформованы на высокопроизводительных автоматизированных роторных линиях, на которых обточка заготовок осуществляется одновременно несколькими вращающимися резцами.

После пластического формования полуфабрикаты подвяливают до влажности 17 % — 18 % в условиях цеха и затем обтачивают на токарных станках. После прессования полуфабрикаты оправляют (зачищают). Полученные заготовки отправляют на сушку.

2.7.1.4 Сушка

Сушку полуфабрикатов обычно проводят конвективным способом в туннельных или камерных сушилках по режимам, соответствующим габаритам и особенностям формы конкретных видов изоляторов. Полуфабрикаты крупногабаритных изоляторов сушат в камерных сушилках.

Температура теплоносителя (подогретого воздуха) для сушилок конвективного типа составляет от 40 °С до 120 °С в зависимости от вида изолятора и стадии сушки. Длительность сушки определяется периодом времени, необходимым для достижения влажности 1 % (для малогабаритных изделий допустима влажность 2 %).

Крупногабаритные полуфабрикаты могут подвергать радиационно-конвективной сушке в камерных сушилках или сушке переменными токами, в том числе сушкой токами высокой частоты.

2.7.1.5 Глазурование

Глазурование проводят способом окунания, реже — распыления.

После глазурования полуфабрикаты зачищают и устанавливают на обжиговые вагонетки. Крупногабаритные глазурованные полуфабрикаты дополнительно подсушивают непосредственно перед обжиговой печью.

2.7.1.6 Обжиг

Обжиг фарфоровых изоляторов проводят в туннельных или камерных печах при температурах 1300 °С или 1430 °С. Продолжительность обжига составляет от 30 до 80 ч в зависимости от вида изоляторов.

2.7.1.7 Контроль и сборка фарфоровых изоляторов

После обжига изоляторы повергают контролю с целью проверки физико-химических и прежде всего электрофизических характеристик.

Прошедшие контроль изоляторы подвергают после обжиговой обработки (шлифовки торцевых поверхностей) и сборки с установкой металлической арматуры.

Бракованные изоляторы разбивают и дробят до крупности кусков, необходимых для помола, в шаровой мельнице. Измельченный бой используют при приготовлении глазури и фарфоровой массы.

2.7.2 Особенности производства изделий из технической керамики

Особенности технологий изделий ТК заключаются в разнообразии сырьевых материалов и способов их подготовки и обработки. Много видов ТК производится из специально получаемых искусственных видов сырьевых материалов. Для их спекания требуется применение ультрадисперсных порошков, особых способов обжига, а изготавливаемые детали столь разнообразны по своим габаритам и форме, что охватывают весь диапазон способов формования керамических изделий. В отличие от изделий строительной и хозяйственно-бытовой керамики изделия ТК — детали, практически всегда требующие дополнительной обработки: шлифовки, полировки, нанесения покрытий и т. д. Ниже представлены некоторые подробности технологии ТК.

2.7.3 Сырьевые материалы

Компонентами сырьевых смесей для получения ТК служат природные минералы (минералы глин, кварц, тальк, магнезит и др.), материалы, полученные переработкой природных минералов и руд (оксиды алюминия, кальция, бария, титана и др.), и специально синтезированные вещества (карбиды, нитриды, силициды и др.). Технология ТК может включать в себя стадии производства основных сырьевых компонентов, например стадию высокотемпературного синтеза силикатов или титанатов.

Требования к чистоте и дисперсности сырья для производства ТК обычно выше, чем для других видов керамических материалов. В ряде случаев для производства из-

делий ТК используют ультрадисперсные (нано-) порошки, получаемые химическими способами, в том числе из газовой фазы.

2.7.4 Подготовка формовочной смеси

В технологии ТК используют все виды формовочных смесей — пресс-порошки, пластичные массы, шликеры. В отличие от традиционных видов керамики нередко используют грануляты из ультрадисперсных порошков, комплексные полимерные связки, в качестве дисперсионной среды для шликеров — органические растворители. Количество компонентов сырьевых смесей для производства ТК может достигать 8–10, однородное распределение дисперсных компонентов, выступающих в роли добавок, вводимых в малых количествах, представляет собой сложную задачу и достигается многоступенчатым смешиванием, использованием растворов.

2.7.5 Формование

В технологии ТК применяют как традиционные, так и редко используемые в других областях способы формования: горячее (инжекционное) литье из термопластичных шликеров, пленочное литье шликеров на термопластичной связке, изостатическое прессование.

Пресс-порошки в зависимости от содержания временной технологической связки формуют сухим одноосным или изостатическим прессованием (1 % — 4 % связки), полусухим одноосным прессованием (6 % — 8 %). В зависимости от пресс-порошка и формы изделия используют пневматические, гидравлические и механические прессы и гидростаты. Способами сухого и полусухого прессования формуют изделия простой формы, изостатическим прессованием — сложной формы.

Пластическую массу формуют способом протяжки (экструзии) через мундштуки шнековых и поршневых прессов при содержании связки от 15 % до 25 %. Таким способом формуют обычно удлиненные изделия постоянного сечения.

Для горячего шликерного литья на основе расплавов полимеров применяют порошки, высушенные до 0,1 % остаточной влажности, и комплексные связки из нескольких полимеров (низкотемпературных полимеров — воска, парафина или высокотемпературных полимеров — полиэтилена, полистирола и др.) и поверхностно-активных веществ. Количество связки обычно составляет от 8 % до 12 %.

Шликеры на основе низкотемпературных термопластов формуют на литьевых машинах при температурах 70 °С — 100 °С, шликеры с высокотемпературными поли-

мерными связками — на литейных машинах шнекового или поршневого типов при температурах 150 °С — 200 °С.

Способами горячего литья формуют малогабаритные изделия сложной формы.

Пленочное литье из термопластичных шликеров применяют для получения многослойных пластин изоляторов полупроводниковых приборов.

Традиционное шликерное литье из водных шликеров влажностью 28 % — 35 % используют для формования тонкостенных полых изделий.

2.7.6 Удаление временной технологической связки

Особенностью этой стадии в технологиях многих видов ТК является удаление (выжигание) полимерной технологической связки, которое проводят в особых условиях (в тонкодисперсной засыпке) по длительному режиму нагрева. Использование особых режимов термического удаления полимерных связок особенно характерно для технологий изделий сложной формы, формуемых способами горячего шликерного литья (парафинового литья) и инжекционного формования. Полученные после выжига полуфабрикаты имеют небольшую прочность и требуют аккуратного обращения. Стадию удаления связки совмещают с предварительным или окончательным обжигом изделия.

2.7.7 Обжиг

Обжиг изделий ТК проводят в основном в высокотемпературных газовых камерных печах (горнах) или камерных печах электросопротивления. Для продукции массового спроса используют высокопроизводительные туннельные печи, в том числе печи электросопротивления, работающие в инертной среде или в среде азота.

Для обжига некоторых видов ТК используют высокотемпературные вакуумные печи электросопротивления с графитовыми или вольфрамовыми нагревателями, работающие в инертной среде или в среде азота.

Плотные изделия ТК получают способом горячего прессования в графитовых формах при температурах 1200 °С — 1800 °С и давлениях 100–200 МПа.

Для получения ряда изделий сложной формы используют горячее изостатическое прессование в газостатах, реализуя спекание в условиях высоких температур (до 2000 °С) и давлений (до 200 МПа).

2.7.8 Дополнительная обработка

Для технологии ТК характерно широкое использование как механической обработки изделий (шлифовки, полировки, резки), так и нанесения различного рода покры-

тий. К последним относятся не только защитные ангобы и глазури, но металлизация и припои.

2.7.9 Меры по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства

Мерами по сокращению воздействия на окружающую среду и повышению ресурсоэффективности производства изделий технической керамики являются:

- оптимизация состава сырья с целью уменьшения температуры обжига и сокращения его цикла;
- использование по возможности сухого способа подготовки сырья;
- использование пластиковых и металлических форм взамен гипсовых;
- организация водооборота;
- интерактивное компьютерное управление режимом обжига с целью снижения затрат энергии при обжиге;
- снижение уровня шума и вибрации путем улучшения изоляции источников, а также улучшение (если необходимо) звукоизоляции производственных зданий.

Раздел 3. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве керамических изделий

3.1 Потребление энергии и основные факторы воздействия производства керамических изделий на окружающую среду

В подразделе 1.8 отмечено, что в официальных документах федерального уровня предприятия по производству керамических изделий не отнесены к основным загрязнителям окружающей среды [61]. В то же время некоторые крупные компании, выпускающие керамические стеновые материалы и огнеупоры, упоминаются в отчетах и докладах регионального уровня (обсуждается их вклад в общий объем выбросов загрязняющих веществ и отходов производства на территории ряда субъектов федерации).

Для государств — членов ЕС сведения о потреблении ресурсов (в том числе энергии) и воздействии на ОС предприятий по производству керамических изделий систематизированы в справочнике ЕС [80].

Результаты сравнения примерных характеристик энергопотребления в различных подотраслях производства керамических изделий в Российской Федерации пред-

ставлены в таблице 3.1. Ориентировочные показатели удельного энергопотребления приведены в соответствии с [80] (см. таблицу 3.2), а также с учетом результатов отечественных исследований [15]; оценка объемов выпускаемой продукции проведена на основе доступных материалов маркетинговых исследований (подробнее см. раздел 1).

Таблица 3.1 — Примерное потребление энергии в основных подотраслях производства керамических изделий

Изделие	Годовой выпуск (2013 год)		Удельное энергопотребление, ГДж/т (в среднем)	Суммарное потребление энергии в подотрасли, ГДж/год	Доля подотрасли в суммарном энергопотреблении отрасли, %
	единиц	тонн			
1 Кирпич, шт.	$7{,}01 \cdot 10^9$	$17{,}5 \cdot 10^6$	2,6	$45{,}5 \cdot 10^6$	52,8
2 Плитка, кв. м	$171{,}2 \cdot 10^6$	$3{,}42 \cdot 10^6$	6,5	$22{,}3 \cdot 10^6$	25,9
3 Огнеупоры	—	$2 \cdot 10^6$	5,6	$11{,}2 \cdot 10^6$	13,0
4 Посуда, изделий	—	$83 \cdot 10^3$	50	$4{,}2 \cdot 10^6$	4,9
5 Сантехника, изделий	$13 \cdot 10^6$	$0{,}13 \cdot 10^6$	22	$2{,}9 \cdot 10^6$	3,4

Таблица 3.2 — Удельное потребление энергии в производстве керамических изделий в государствах — членах ЕС

Продукция	Удельное потребление энергии в производстве, ГДж/т					
	1980 год	1985 год	1990 год	1995 год	2000 год	2003 год
Кирпич и черепица	2,65	2,45	2,19	2,06	2,38	2,31
Облицовочная и напольная плитка	11,78	9,16	6,76	5,45	5,74	5,60 *
Огнеупоры	4,88	4,96	6,51	4,91	5,41	5,57
Санитарно-технические изделия	26,56	24,21	22,57	22,76	20,88	21,87
Посуда и декоративные изделия	—	—	47,56	38,91	43,46	45,18
Техническая керамика	—	—	—	—	34,72	50,39
* Затраты энергии на сушку и обжиг.						

Так как данные представлены по состоянию на 2005 год, рост удельного энергопотребления после 1995 года можно связывать как с изменением ассортимента продукции (например, с усилением внимания потребителей к клинкерному кирпичу), так и с вступлением в ЕС новых государств (в том числе Латвии, Литвы, Польши, Словении, Словакии, Чехии).

Анализ технологических процессов, приведенный в разделе 2 данного справочника, позволяет систематизировать факторы воздействия на ОС, характерные для различных стадий производства керамических изделий (см. таблицу 3.3, по [15], с изменениями).

Таблица 3.3 — Факторы воздействия производства керамических изделий на окружающую среду

Стадии технологического процесса	Факторы воздействия на компоненты ОС			Шум (работа оборудования)
	Воздух (образование выбросов ЗВ при технологических операциях в процессе)	Водные объекты (использование в процессе и образование сточных вод)	Почва (образование отходов производства и технологических потерь, преимущественно в виде пыли)	
Дробление	X	X	X	X
Сухой помол и смешение	X	—	X	X
Мокрый помол и смешение	—	X	X	X
Рассев/классификация	X	—	X	X
Перемещение сырья	X	—	X	—
Хранение в силосах	X	—	—	X
Литьевой шликер	—	X	—	—
Массоподготовка:				
- масса для пластического формования	X	X	X	—

Окончание таблицы 3.3

Стадии технологического процесса	Факторы воздействия на компоненты ОС			Шум (работа оборудования)
	Воздух (образование выбросов ЗВ при технологических операциях в процессе)	Водные объекты (использование в процессе и образование сточных вод)	Почва (образование отходов производства и технологических потерь, преимущественно в виде пыли)	
- жесткая формовочная масса (формование обточкой)	—	X	X	—
Пресс-порошок, подготовка сухим способом	X	X	X	X
Пресс-порошок, распылительная сушка	X	X	X	X
Грануляция	X	—	—	X
Шликерное литье	—	X	—	—
Пластическое формование	—	X	X	—
Формование обточкой	—	—	X	—
Прессование	X	X	X	X
Оправка	X	X	X	—
Сушка	X	—	—	X
Глазурование	X	X	X	—
Ангобирование	X	X	X	—
Нанесение декора	X	X	X	—
Обжиг	X	—	—	X
Послеобжиговая обработка	X	X	x	X
Хранение материалов	X	—	—	X

«X» — возможно значимое воздействие на ОС, «—» — незначимое воздействие или практическое отсутствие такового.

Входные и выходные потоки, характерные для производства керамических изделий, представлены в справочнике ЕС на качественном уровне; пример приведен для производства керамического кирпича (см. рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 — Входные и выходные потоки в производстве керамического кирпича [80], с изменениями и дополнениями [15]

В справочнике ЕС отмечено, что в составе отходящих газов присутствуют оксиды азота, углерода и серы, а также, в ряде случаев, летучие органические соединения, образующиеся в процессах сушки и обжига керамических изделий. Наличие примесей соединений хлора объясняется тем, что в составе большинства видов глин морского

образования есть хлориды. Также источниками HCl могут стать добавки или хлорированная вода (содержание хлоридов в воде, используемой при массоподготовке, может достигать 50–100 мг/дм^3 и выше). Практически все природные сырьевые материалы содержат небольшие количества фтора, который легко замещает OH-группы в глинах и гидратных минералах. Выделение фтороводородной кислоты HF происходит при разложении фторосиликатов в составе глин [110]. Концентрация фтора в дымовых газах определяется не только его содержанием в сырье, но и наличием паров воды, составом материала и режимом обжига [80], [111].

Значительное внимание проблемам загрязнения воздуха соединениями галогенов уделяется прежде всего в средиземноморских странах, где в качестве сырья для производства керамических изделий используются обогащенные соединениями хлора и фтора глины морского происхождения [112]–[115].

В отечественных источниках, посвященных охране окружающей среды при производстве керамических изделий, поступление соединений хлора и фтора в атмосферный воздух обсуждается редко [67], [84], [77], [116], [117]. Таким образом, основными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферный воздух при производстве керамических изделий, следует считать монооксид углерода, оксиды азота и пыль.

Вода — один из важных ресурсов в технологии производства керамических изделий, однако уровни ее потребления в различных подотраслях отличаются друг от друга. Вода, которую добавляют непосредственно в шихту, не вносит вклада в образование сточных вод, поскольку полностью испаряется на стадиях сушки и обжига.

Сточные воды образуются преимущественно при роспуске глины в процессе производства и в результате ее смыва при очистке оборудования. Незначительное количество сточных вод образуется при производстве огнеупорных изделий и кирпича при проведении такой обработки поверхности, как глазурование, ангобирование, мокрая шлифовка. Дополнительное их выделение происходит при очистке смесителей, установок для нанесения глазури и ангоба, форм.

В технологии облицовочной и напольной плитки, хозяйственно-бытовой и технической керамики, санитарно-технических изделий техническая вода применяется при очистке установок для массоподготовки и литья, нанесения глазури, декорирования, а также при мокрой шлифовке в ходе послеобжиговой обработки изделий.

В составе сточных вод, образующихся при переработке различных материалов и в ходе очистки оборудования, присутствуют те сырьевые материалы и вспомогательные вещества, которые задействованы в данном технологическом процессе. Как правило, эти соединения нерастворимы в воде. Сточные воды в производстве керамиче-

ских изделий отличаются высокой мутностью (нередко и цветностью) из-за присутствия в них мелкокодисперсных взвешенных частиц глазури и глинистых минералов [80], [116].

Объемы сточных вод, как правило, невелики, а основные параметры, характеризующие их, — это содержание взвешенных частиц и мутность [80].

Задача минимизации воздействия сточных вод на природные водные объекты решается путем уменьшения водопотребления, организации водооборота и внедрения систем очистки сточных вод.

В отношении образования отходов следует сказать, что в большинстве подотраслей производства керамических изделий отходы формования, оправки, сушки полуфабриката и брак изделий возвращают на стадию подготовки сырья. Брак обожженных изделий используют в качестве шамота, порошок которого получают после дробления и рассева (так называемый «бой»). Однако не все образующиеся отходы можно возвращать в технологический цикл. Например, отработанные огнеупорные изделия, образующиеся при ремонте печей, как правило, загрязнены шлаками, глазурями и т. д., поэтому их введение может ухудшить огнеупорные характеристики любого изделия. Невозможно использовать повторно материалы, содержащие другие виды загрязняющих веществ (например, тяжелые металлы, выделяющиеся из глазурей).

Считается, что гранулированный или тонкоизмельченный бой кирпича можно использовать в качестве замены продукции других отраслей производства керамических изделий, имеющей тот же зерновой состав. В частности, отходы производства после измельчения и рассева применяют как заполнитель в бетонах или наполнитель в асфальте для дорожного строительства.

В отечественных и зарубежных источниках в некоторых случаях обсуждаются также уровни шума, характерные для производства керамических изделий. В зарубежных источниках обычно упоминают такие решения, направленные на сокращение шумового воздействия предприятий, как герметизация оборудования, звукоизоляция окон и стен, проведение шумных работ только в дневное время и надлежащее техническое обслуживание оборудования.

В целом на основании анализа отечественных и зарубежных источников информации следует сделать вывод о том, что предприятия по производству керамических изделий характеризуются высоким потреблением энергии (от 2 до 50 ГДж на тонну изделий). Именно сжиганием топлива, необходимого для проведения высокотепмературных процессов, обусловлены выбросы в атмосферу основных загрязняющих веществ (монооксида углерода, оксидов азота и пыли), а также некоторых других веществ в за-

висимости от типа сырья и технологических процессов, распространенных в конкретных подотраслях. Сбросы сточных вод обычно незначительны, а образующиеся отходы преимущественно повторно используются в производстве.

3.2 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве кирпича

В процессе подготовки настоящего справочника НДТ анкеты для сбора информации о текущих уровнях эмиссий и потребления ресурсов были направлены российским предприятиям по производству кирпича. Сведения от предприятий поступали неравномерно в течение нескольких месяцев; к концу октября 2015 года разработчики справочника НДТ располагали 23 заполненными анкетами различной степени детализации. В связи с этим было принято решение при обсуждении численных параметров учитывать как результаты анкетирования, так и материалы современных отечественных исследований и данные отраслевого справочного документа ЕС [80].

3.2.1 Потребление энергии

В 2009–2010 годах попытка провести сравнительный анализ потребления энергии топлива в производстве кирпича в России и государствах — членах ЕС была осуществлена в рамках выполнения международного проекта «Гармонизация экологических стандартов — II. Россия» [3], [117]. Обсуждаемые результаты в целом согласуются с оценками, данными в 2009 году в статье, посвященной перспективам развития производства стеновых керамических материалов в Республике Татарстан [118]. Следует отметить, что среднее значение удельного потребления энергии топлива на рисунке 3.2 отражает экспертную оценку для России в целом. Заводы № 1 и № 2, на которых проведены натурные исследования, демонстрируют результаты лучше средних.

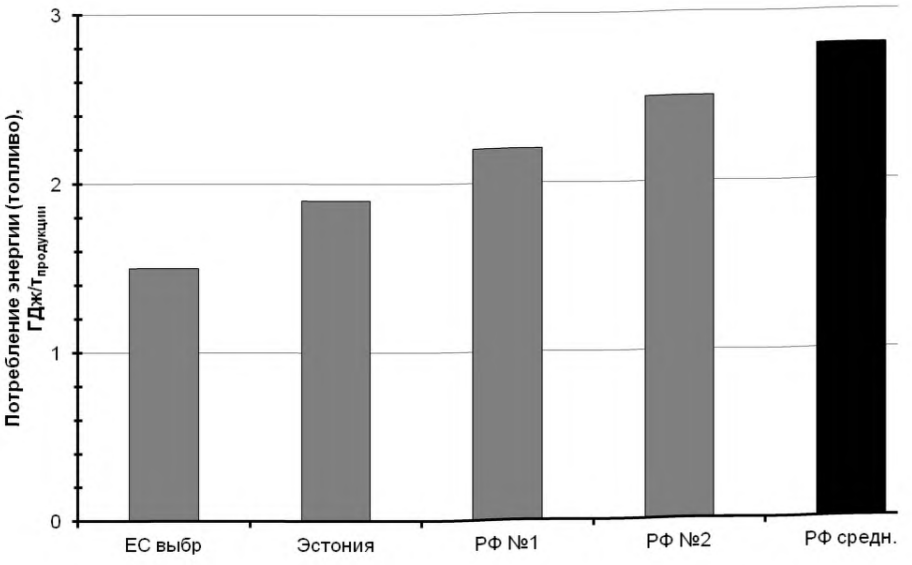

Рисунок 3.2 — Удельный расход энергии топлива в производстве кирпича на выбранных предприятиях Российской Федерации и Европы [119]

В таблице 3.4 приведена информация из этой статьи с переводом энергоемкости в единые единицы измерения — ГДж/т продукции, соответствующие требованиям Международной системы измерений СИ; такие показатели целесообразно использовать при проведении сравнительного анализа энергоемкости производства продукции во всех отраслях.

Таблица 3.4 — Расход энергоресурсов в производстве керамического кирпича (по [118], с дополнениями)

Энергопотребление	Единица измерения	Технологии	
		Отечественные 1970–1980-х годов	Современные зарубежные
Природный газ (37 ГДж/1000 м^3)	м^3/1000 шт. условного кирпича	220–240	120–150
	ГДж/т продукции	3,3–3,6	1,8–2,2
Электроэнергия	кВт*ч./1000 шт. условного кирпича	200–250	220–240
	ГДж/т продукции	0,28–0,36	0,32–0,35

Окончание таблицы 3.4

Энергопотребление	Единица измерения	Технологии	
		Отечественные 1970–1980-х годов	Современные зарубежные
Общее энергопотребление	ГДж/т продукции	3,6–4,0	2,1–2,6

Необходимо подчеркнуть, что результаты оценок достаточно сложно сравнивать: во многих случаях неизвестна степень осреднения данных, не приводятся источники информации, не определено в единицах массы и понятие «условный кирпич». Эксперты говорят о размерах 250 × 120 × 65 мм в соответствии с ГОСТ 530—2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» [120]. В этом стандарте установлено несколько интервалов плотности изделий; при расчетах часто используют массу условного кирпича, варьирующую в интервале 2,4–3,5 кг/шт. [117], хотя европейский стандарт, на который обычно ссылаются, устанавливает лишь две категории изделий по плотности — ниже 1000 кг/м^3 и выше 1000 кг/м^3 (CSN EN 771-1:2011. Specifications for masonry units — Part 1: Clay masonry units [20]). В публикациях, подготовленных в Евросоюзе, США, Канаде и других странах, как правило, обсуждается удельное потребление энергии, рассчитанное в ГДж или (реже) в кВт*ч на тонну продукции (см., например, [80], [121], [122]).

Интервалы удельного энергопотребления в производстве кирпича, полученные при обследовании российских предприятий и при работе с материалами управлений Росприроднадзора, составляют:

- 3,0–4,2 ГДж/т продукции для предприятий, введенных в строй в 1970–1980-х годах;

- 2,2–2,7 ГДж/т продукции для предприятий, введенных в строй после 2000 года.

В ходе подготовки настоящего справочника НДТ члены ТРГ-4 посетили несколько новых отечественных предприятий, по данным руководства которых удельное энергопотребление составляет менее 1,6–1,8 ГДж/т продукции [1)]. По некоторым данным, в 2005–2007 годах аналогичные и даже более низкие показатели (1,5 ГДж/т) были достигнуты лучшими германскими и австрийскими производителями кирпича [123], [124]. Новейшие российские предприятия построены с применением технологических процессов и оборудования, разработанных в Евросоюзе, поэтому полученные в ходе по-

[1)] Посещение площадок организовано в январе — марте 2015 года.

сещения новейших отечественных промышленных площадок данные следует считать корректными[125].

Сопоставление удельного потребления энергии, характерного для производителей керамического кирпича, работающих в различных странах, приведено на рисунке 3.3.

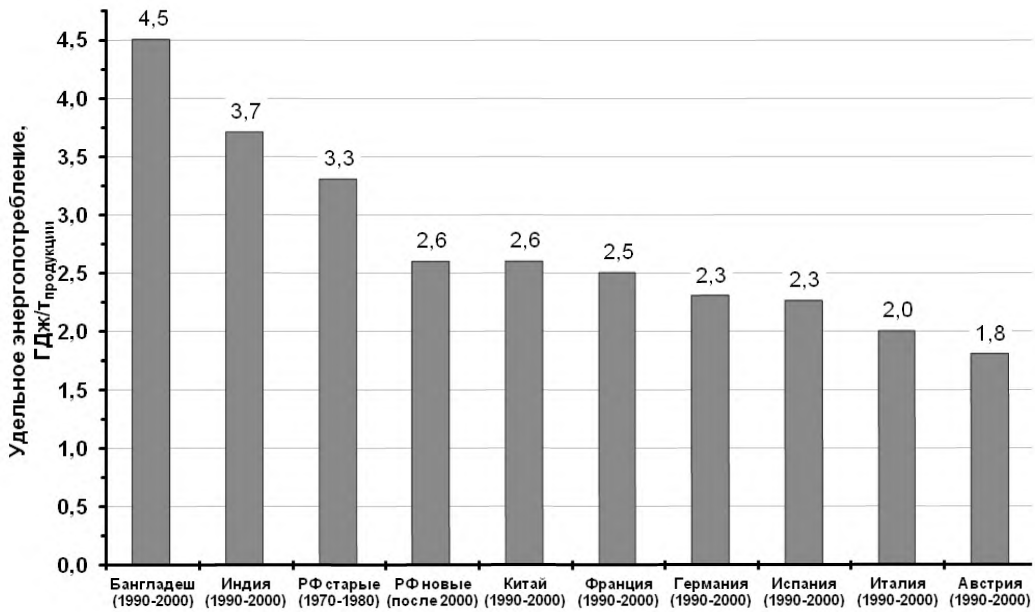

Рисунок 3.3 — Удельное энергопотребление в производстве керамического кирпича в различных странах (в скобках указаны годы постройки/реконструкции предприятий) [126]

Результаты анкетирования российских предприятий [1)] свидетельствуют о том, что удельное потребление энергии в производстве керамического кирпича варьирует в интервале 1,6–5,2 ГДж/т. В ряде анкет данные о потреблении энергии отсутствуют (предприятия № 4, 9, 12). Показатель 0,88 ГДж/т (предприятие № 3) нельзя считать значимым. Не исключено, что показатель 5,2 ГДж/т несколько завышен и представлен с

[1)] Как уже отмечено, анкеты прислали 18 наиболее активных предприятий, проявивших интерес к участию в разработке информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям. Полученные показатели энергопотребления согласуются с результатами отечественных и зарубежных исследований и материалами справочного документа ЕС, представленными в 3.1.1.

учетом потребления газа на иные (не относящиеся к производству продукции) нужды. Результаты анкетирования в целом представлены на рисунке 3.4.

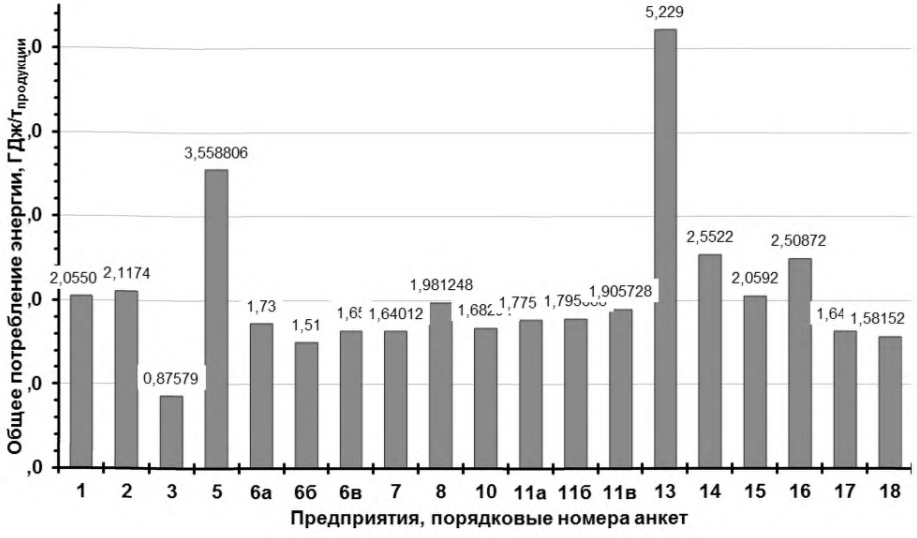

Рисунок 3.4 — Удельное потребление энергии в производстве кирпича: результаты анкетирования российских предприятий

Таким образом, удельное потребление энергии большинства принявших участие в анкетировании предприятий по производству кирпича близко к 2,0 ГДж/т продукции. Этот показатель несколько ниже, чем установленные ГОСТ Р 55646—2013 «Ресурсосбережение. Производство кирпича и камня керамических. Руководство по применению наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности и экологической результативности»[7] параметры НДТ для Российской Федерации (2,5–3,0 ГДж/т) [26] и приведенные в справочном документе ЕС параметры НДТ для государств — членов ЕС (2,3–2,5 ГДж/т) [2], что может быть обусловлено ограниченной выборкой и поступлением данных преимущественно от компаний-лидеров.

Необходимо принимать во внимание тот факт, что на потребление энергии существенное влияние оказывают химический и минералогический состав шихты, а также введение добавок. Так, например, присутствие в шихте 8 % — 10 % угольной пыли достаточно для того, чтобы вести обжиг за счет энергии сгорания органической добавки. Существенная экономия топлива для обжига достигается при введении в шихту для поризации опилок, а также при использовании так называемых «углистых» глин, характеризующихся повышенным содержанием органических соединений. В то же время с

увеличением в сырье глинистых и известняковых компонентов требуется повышенный расход топлива для протекания эндотермических реакций разложения гидроалюмосиликатов и карбонатов. Поэтому в зависимости от типа используемого сырья расход энергии может существенно отличаться независимо от того, каким оборудованием оснащен завод и какая технология применяется.

Следует отметить, что по мере накопления сведений об удельном энергопотреблении при производстве различных видов керамического кирпича и поризованного камня в Российской Федерации целесообразно выполнить бенчмаркинг по группам предприятий, выпускающих однотипную продукцию из близкого по характеристикам сырья, и уточнить оценочные данные, представленные в данном информационно-техническом справочнике.

3.2.2 Эмиссии в окружающую среду

В монографии [127] приведены результаты сравнительного анализа уровней выбросов вредных веществ на отечественных кирпичных заводах (полученные в ходе пилотных проектов 2008–2009 годов) в сравнении с данными справочного документа по НДТ (см. таблицу 3.5).

Таблица 3.5 — Уровни выбросов вредных веществ на отечественных кирпичных заводах в сравнении с данными справочного документа по НДТ [127]

Компоненты выбросов	Данные справочного документа для предприятий ЕС		Данные по российским предприятиям		
	Концентрации в отходящих газах, мг/м^3	Удельные выбросы, г/т продукции	Концентрации в отходящих газах, мг/м^3, завод № 2	Удельные выбросы, г/т продукции, завод № 2, Российской Федерации	Удельные выбросы, г/т продукции, завод № 1, Российской Федерации
Пыль	11,6	17,6	> 30	20	15
CO	124,6	189	1370	2080	748
NO_x в пересчете на NO_2	121	184	102	130	46
SO_2	26,1	39,6	н/д	н/д	н/д
Летучие фториды	2,7	4,1	н/д	0,6	н/д
Летучие хлориды	8,4	12,7	н/д	н/д	н/д

Рассмотрение таблицы 3.5 позволяет заключить, что полученные в ходе пилотных проектов данные подтверждают выдвинутое предположение о преимущественном поступлении в воздух оксидов азота и монооксида углерода, а также пыли; выбросы летучих хлоридов и фторидов являются нехарактерными для российских предприятий, обследованных в 2008–2009 годах.

В тексте обсуждаемого справочного документа ЕС для различных операций и производств представлено сопоставление загрязненности отходящих газов (по концентрациям); эти данные представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 — Технологические характеристики неочищенных отходящих газов производства керамического кирпича (при использовании различных видов топлива, по [80])

Загрязняющие вещества	Удельные выбросы ЗВ при использовании различных видов топлива			
	Газообразное топливо	Мазут марки EL	Тяжелый мазут	Уголь
Пыль, мг/м^3	1–20	1–30	5–50	30–150***
NO_x, в пересчете на NO_2, мг/м^3	20–200	20–200	20–200	20–200
SO_x, в пересчете на SO_2 (при содержании S в сырье < 0,12 %*), мг/м^3	10–300**	10–300**	30–500**	30–500**
Неорганические газообразные соединения фтора в пересчете на HF, мг/м^3	1–20**	1–20**	1–20**	1–20**
Неорганические газообразные соединения хлора в пересчете на HCl, мг/м^3	1–120	1–120	1–120	1–120

Примечания

* При содержании серы > 0,12 % возможно содержание до 1500 мг SO_2/м^3 и выше.

** При использовании сырья с высоким содержанием извести содержание HF и SO_2 может снижаться.

*** При использовании бурого угля содержание пыли может достигать 700 мг/м^3.

Усредненные показатели экологической результативности предприятий по производству керамического кирпича и плитки приведены в таблице 3.7.

В 2014 году в России по результатам обследований заводов и оценки, полученной из различных источников информации, в этой же работе [15] для современных оте-

чественных предприятий (открытых после 2000 года) составлена обобщенная схема входных и выходных потоков в производстве кирпича (см. рисунок 3.5) в расчете на 1 т продукции.

Таблица 3.7 — Усредненные показатели энергетической эффективности и экологической результативности предприятий по производству керамического кирпича и плитки [15]

Удельные показатели (в пересчете на единицу выпускаемой продукции)	Предприятия			
	Выпуск кирпича		Выпуск плитки	
	Введены в действие в 1970–1980-х годах	Введены в действие после 2000 года	Введены в действие в 1970–1980-х годах *	Введены в действие после 2000 года
Потребление энергии, ГДж/т	3,0–4,2	2,2–2,7	> 8,5	3,5–9,5
Выбросы загрязняющих веществ, кг/т				
CO	1,8–2,3	0,2–1,0	0,4–0,8	0,18–0,42
NO_x	0,1–0,4	0,1–0,2	1,1–1,8	0,25–0,72
SO_2	0,03–0,06	0,01–0,04	н/д	0,01 ÷ 0,04
* Архивные данные предприятий, природоохранительных органов и высших учебных заведений. Предприятия закрыты или претерпели масштабную реконструкцию (что привело к созданию новых производств) после 2005 года.				

Полученные результаты были сопоставлены с характеристиками зарубежных предприятий по производству керамического кирпича и плитки. Доступные сведения рознятся как по годам (периодам привлечения внимания к вопросам ресурсосбережения и сокращения негативного воздействия на ОС), так и по источникам. Для европейских стран показатели экологической результативности наиболее детально представлены в справочном документе по НДТ производства керамических изделий [80]. Достаточно широк спектр работ в области оценки жизненного цикла керамических изделий, выпущенных в ЕС, США и Австралии [91], [128], [129].

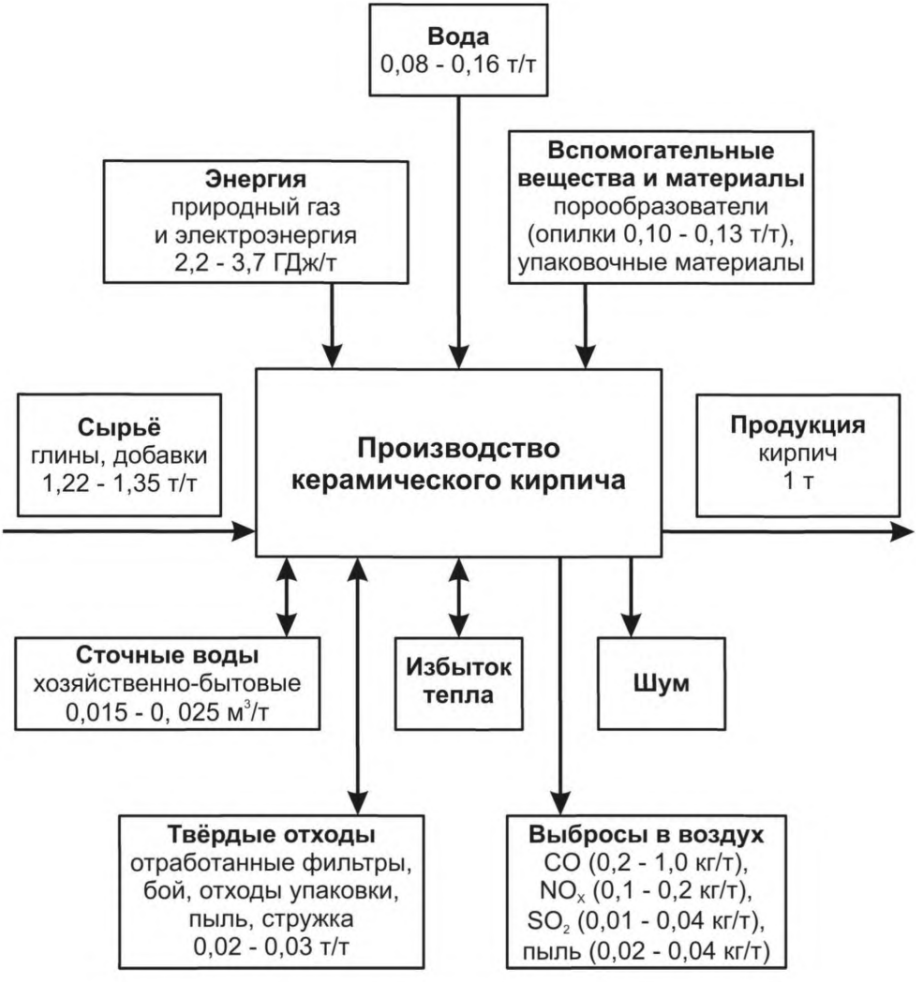

Рисунок 3.5 — Входные и выходные потоки в производстве керамического кирпича в России (количественная оценка) [15]

Представленные на рисунке 3.5 показатели достаточно хорошо согласуются с зарубежными данными и отражают практику отечественных предприятий.

Картина сравнительного анализа (в том числе ретроспективного) экологической результативности российских и зарубежных компаний по производству керамического кирпича приведена на рисунке 3.6 [130].

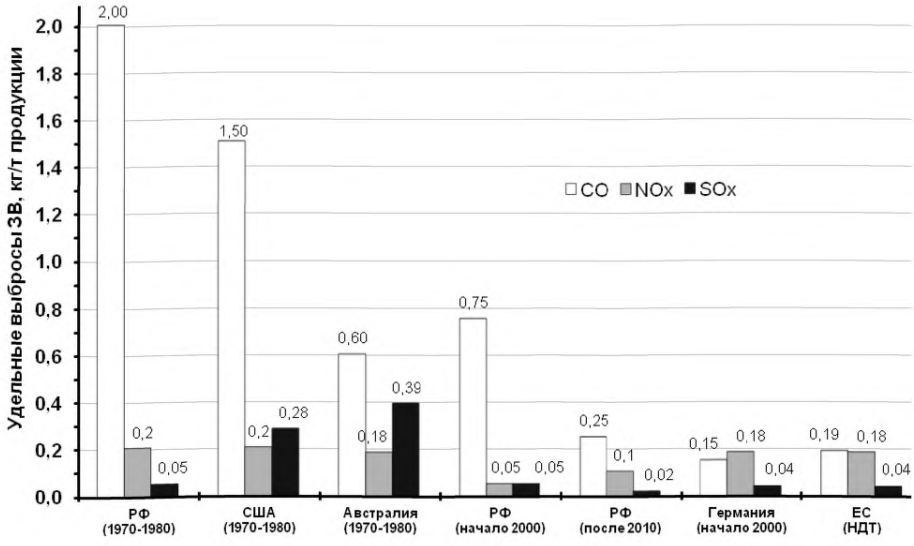

Рисунок 3.6 — Удельные выбросы основных загрязняющих веществ, сопровождающие производство керамического кирпича (в скобках указаны годы постройки/реконструкции предприятий)

Материалы анкетирования российских предприятий [1)] свидетельствуют о том, что показатели экологической результативности в производстве керамического кирпича варьируют в широких пределах. Практика обследований промплощадок свидетельствует о том, что в большинстве случаев показатели являются расчетными; для некоторых заводов измерения проводятся сторонними лабораториями.

С учетом того, что заводы 1, 2, 6а, 6б, 6в, 7, 8, 10, 11а,11б,11в, 14, 15, 16, 17, 18 характеризуются достаточно близкими значениями удельного потребления энергии и в качестве топлива используют преимущественно природный газ, можно было бы ожидать близких значений параметров удельных выбросов продуктов сгорания — CO и NO_2. Однако на ряде предприятий в шихту добавляют значительное количество опилок (более 15 % по объёму); другие заводы используют в качестве сырья глины с высоким содержанием соединений серы. Поэтому неудивительно, полученные от российских предприятий данные изменяются в весьма широких интервалах:

- удельные выбросы CO: 0,12–7,3 кг/т продукции;

[1)] Как уже отмечено, анкеты прислали наиболее активные предприятия, проявившие интерес к участию в разработке справочника НДТ.

- удельные выбросы NO_x (в пересчете на NO_2): 0,02–0,5 кг/т продукции;

- удельные выбросы SO_2: до 1,3 кг/т продукции.

Нельзя исключать вероятность того, что некоторые предприятия указали характеристики выбросов загрязняющих веществ с учетом дополнительных источников (например, гаража, котельной, обслуживающей объекты социальной инфраструктуры, и пр.). Отличные от нуля данные по выбросам SO_2 представлены незначительным числом организаций; большинство показателей не превышает 0,04 кг/т продукции; однако в анкетах присутствуют и величины, близкие к 1,3 SO_2 кг/т продукции.

Как уже отмечено, в большинстве случаев приведенные в анкетах показатели основаны на расчетных оценках, а не на результатах измерений. Кроме того, вопросы организации пробоотбора и выполнения измерений требуют особого отдельного обсуждения, например, в рамках подготовки национального стандарта по производственному экологическому контролю для предприятий по выпуску керамических изделий.

В ходе предварительного обсуждения представленных данных было выяснено, что некоторые предприятия при производстве полнотелого и пустотелого кирпича добавляют в массу значительное количество древесных опилок. Это позволяет не только снизить объемную массу кирпича и улучшить его теплозащитные свойства, но и ведет к сокращению потребления природного газа [1)]. С одной стороны, такое решение следует рассматривать как направление ресурсосбережения и использования возобновляемых источников энергии. С другой стороны, необходимо учитывать вероятность возрастания удельных выбросов монооксида углерода и пыли, а также диоксида серы. Следует подчеркнуть, что данный вопрос требует детального изучения и может быть рассмотрен в ходе выполнения пилотных проектов в сфере НДТ.

В отношении выбросов пыли данные, представленные в анкетах, изменяются в пределах 0,02–0,29 кг/т; показатели порядка десятков и сотен граммов на тонну продукции распределены практически поровну; в некоторых анкетах данные не представлены. При этом максимальные показатели не относятся к предприятиям, использующим в качестве топлива уголь (что могло бы сказаться на увеличении выбросов пыли на стадии обжига изделий). Интерпретировать полученные данные сложно; единственное заключение состоит в том, что минимальные показатели (около

[1)] Считается, что добавка более 15 % опилок (по объему) повышает морозостойкость кирпича и камней, некоторые авторы полагают, что при большей доле опилок в составе шихты внешний вид изделия и его прочность могут ухудшаться. Наибольший эффект от применения опилок в качестве добавки получают, когда вводят их в сочетании с минеральными отощителями, например с шамотом, а также с углем.

0,02 кг/т) согласуются с результатами отечественных и зарубежных исследований. Лучшие системы очистки (оборудованные фильтрами тонкой очистки) позволяют уловить до 99,8 % пыли, содержащейся в выбросах из организованных источников на участках массоподготовки.

Как правило, в разрешительной документации предприятий по производству керамического кирпича упоминаются 15–25 загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух из 20–30 источников. При этом большая часть напрямую с процессом выпуска кирпича не связана; специалисты предприятий утверждают, что практически все показатели являются расчетными. Это свидетельствует о необходимости выделения выбросов загрязняющих веществ, напрямую связанных с технологическим процессом, в отдельную категорию.

В отношении производственных сточных вод практически во всех анкетах указано, что их объемы весьма незначительны. Производственные сточные воды образуются преимущественно на участках водоподготовки и упаковки готовой продукции. На многих предприятиях такие сточные воды вместе с хозяйственно-бытовыми передаются на очистку в централизованные системы водоотведения.

Большинство ответивших на вопросы анкеты предприятий указали, что удельное образование невозвратных производственных отходов составляет 10–70 кг/т продукции. Представленные показатели порядка 0,5–0,9 кг/т нельзя считать значимыми. Производственные отходы включают кирпичную пыль (в том числе отходы рукавных фильтров), бой кирпича, отходы отработанных абразивных, огнеупорных изделий, упаковки.

Общее заключение состоит в том, что образование производственных отходов в целом нехарактерно для предприятий, выпускающих керамический кирпич; большая часть отходов (более 95 %) возвращается в технологический цикл или передается на переработку.

По мере распространения нормирования предприятий на основе принципов НДТ справочник следует актуализировать, идентифицировав интервалы технологических показателей, характеризующих выбросы загрязняющих веществ, для производства различных видов кирпича и камня керамического. Такие работы также могут быть выполнены в ходе пилотных проектов, к обсуждению результатов которых следует привлечь возможно большее число отечественных предприятий.

В целом, учитывая значительный разброс данных, полученных от предприятий в 2015 г. и характеризующих как потребление ресурсов, так и эмиссии в ОС, можно рекомендовать разработать в будущем документы национальной системы стандартизации, касающиеся вопросов проектирования предприятий по производству керамическо-

го кирпича, и охватывающие аспекты ресурсоэффективности и экологической результативности.

3.3 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве плитки

В процессе подготовки настоящего справочника НДТ анкеты для сбора информации о текущих уровнях эмиссий и потребления ресурсов были направлены российским предприятиям по производству керамической плитки. Осенью 2015 года разработчики справочника НДТ располагали 5 заполненными анкетами различной степени детализации. В связи с этим было принято решение при обсуждении численных параметров учитывать материалы современных отечественных исследований и данные отраслевого справочного документа ЕС [80] и, по возможности, результаты анкетирования.

3.3.1 Потребление энергии

Как следует из таблицы 3.1, в российской подотрасли производства керамической плитки расходуется около 1/4 энергии, потребляемой в отрасли в целом. Основные затраты энергии приходятся на процесс обжига, который в зависимости от вида продукции ведут при температурах от 980 °С — 1050 °С (плитка для внутренней облицовки стен) до 1180 °С — 1250 °С (керамогранит).

В государствах — членах ЕС затраты энергии на производство плитки снизились в период 1980–2003 годов с 11,78 до 5,6 ГДж/т продукции [80].

В России (и в бывшем Советском Союзе) вопросам энергосбережения в энергоемких отраслях промышленности уделялось значительное внимание. Развитие требований к проектированию можно проследить в стандартах и технических кодексах [131] — [133]:

- СТ СЭВ 6575—89 «Печи для обжига керамических плиток для полов и внешней облицовки. Показатели энергопотребления»;

- ГОСТ 28529—90 «Печи для обжига керамических плиток для полов и внешней облицовки. Показатели энергопотребления»;

- ТКП 45-7.02-226-2010 «Производство керамических плиток. Нормы технологического проектирования предприятий».

Действующие российские предприятия по производству керамической плитки активно внедряют современные производственные линии, осваивают новые технологии,

нередко приглашают зарубежных технологов (см. 1.3) и добиваются последовательного роста энергоэффективности производства [3], [134]. В качестве примера отметим, что одному из лидеров отрасли удалось планомерно снизить удельные энергозатраты (от 10 ГДж/т до 6,5 ГДж/т продукции), несмотря на значительные колебания объема выпуска плитки: от 5,7 млн м^2 в 2009 году в разгар кризиса до 6,9 млн м^2 в предкризисный 2007 год. Ввод в строй новых печей для обжига плитки позволил сократить расход тепловой энергии на 7 % — 9 % при увеличении объема производства более чем на 25 % [4]. Сравнение приведенных значений удельных затрат энергии с показателями, которые считаются лучшими и для производителей керамической плитки в государствах — членах ЕС (до 8,5 ГДж/кг для трехкратного обжига) [80], позволяет заключить, что в части энергоэффективности обсуждаемое предприятие фактически соответствует европейским требованиям к НДТ.

Сопоставление удельного потребления энергии, характерного для производителей керамической плитки, работающих в различных странах, приведено на рисунке 3.7.

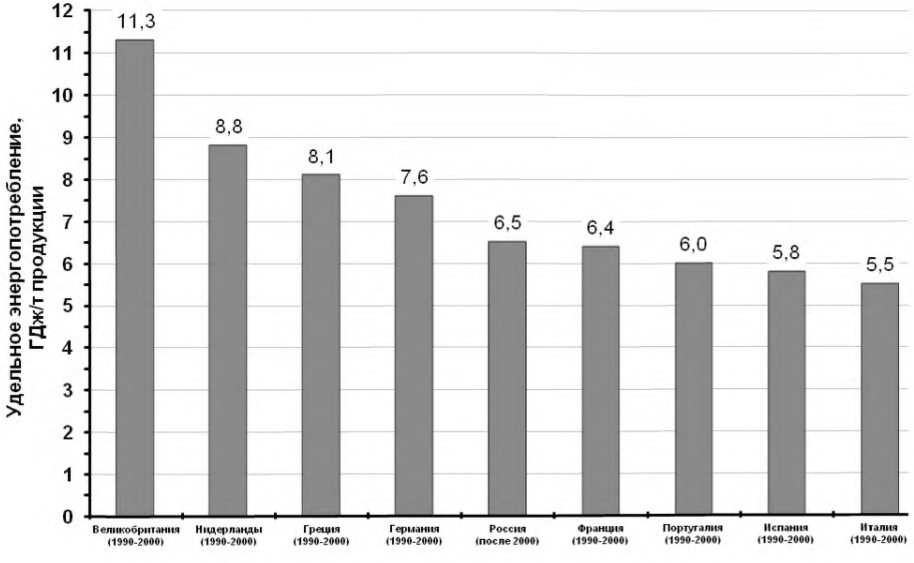

Рисунок 3.7 — Удельное энергопотребление в производстве керамической плитки (в скобках указаны годы постройки/реконструкции предприятий) [125]

Равно как и при оценке удельного энергопотребления в производстве керамического кирпича, результаты различных работ достаточно сложно сравнивать: во многих

случаях неизвестна степень осреднения данных, не приводятся источники информации, не определено в единицах массы понятие «квадратный метр плитки».

Усредненные показатели энергетической эффективности и экологической результативности предприятий по производству керамической плитки свидетельствуют о том, что удельное потребление энергии на российских предприятиях изменяется в настоящее время в пределах 3,5–9,5 ГДж/т продукции и зависит от типа печи, вида изделий, кратности обжига, применения глазурей и пр.

В соответствии с ГОСТ Р 55645—2013 [135] расход энергии на распылительную сушку при производстве облицовочной и напольной плитки находится в диапазоне 980–2500 кДж/кг. Для обогрева сушил всех видов обычно используют избыточное тепло печи, но существуют ограничения, обусловленные содержащимися в сырье примесями (например, соединениями серы). Типичные значения потребления тепловой энергии на сушку облицовочной и напольной плитки равны 300–1000 кДж/кг, для плитки с водопоглощением ниже 3 % энергопотребление может превышать 1400 кДж/кг. Энергопотребление при обжиге определяется типом печи и числом обжигов и колеблется от 5920–7300 кДж/кг (роликовая печь, трехкратный обжиг) до 2000–5500 кДж/кг (роликовая печь, однократный обжиг).

Основная доля потребления электрической энергии приходится на двигатели и приводы, устройства транспортировки (насосы, транспортеры), нагреватели, вытяжные вентиляторы, дымососы и системы освещения, которые все вместе потребляют более 90 % электрической энергии. Доля электрической энергии может достигать 30 % общего потребления. Потребление электрической энергии находится на уровне 170 кВт·ч/т [135].

В ГОСТ Р 55645—2013 приведена таблица значений удельного энергопотребления при производстве керамической плитки на различных стадиях технологического процесса (см. таблицу 3.8).

Таблица 3.8 — Удельное энергопотребление при производстве керамической плитки на различных стадиях технологического процесса [135]

Стадия	Технологическая операция	Удельное потребление природного газа, ГДж/т	Удельное потребление электроэнергии, ГДж/т
Массоподготовка	Сухой помол	—	0,04–0,07
	Мокрый помол	—	0,05–0,35
	Распылительная сушка	1,2–2,5	0,01–0,07
Формование	Прессование	—	0,05–0,15
Сушка		0,3–1,0	0,01–0,04
Обжиг		1,9–5,5	0,02–0,15

Простое суммирование позволяет предположить, что минимальное удельное потребление энергии может составлять около 3,2 ГДж/т, а максимальное — около 9,8 ГДж/т.

Таким образом, на основании результатов анкетирования российских предприятий и рассмотрения материалов отечественных исследований можно дать лишь ориентировочную оценку удельному потреблению энергии в производстве керамической плитки в России; по-видимому, этот показатель варьирует для разных видов изделий от (3,2–4,5) ГДж/т до (8,5–9,8) ГДж/т.

По мере накопления сведений, характеризующих отечественные заводы, следует рассмотреть возможность уточнения показателей удельного энергопотребления для производства различных видов изделий.

3.3.2 Эмиссии в окружающую среду

Российские предприятия по производству керамической плитки нечасто привлекают внимание специалистов в области промышленной экологии; число публикаций, касающихся вопросов оценки эмиссий в окружающую среду, невелико [16], [136].

В справочном документе ЕС [80] данные по выбросам загрязняющих веществ в производстве керамической плитки в большинстве случаев приводятся в размерностях концентраций в отходящих газах и для конкретных случаев или операций. Сравнительный анализ удельных выбросов основных загрязняющих веществ был выполнен с привлечением материалов исследований, проведенных в различных странах (прежде все-

го Австралии, США, Италии, Испании, Греции); полученные результаты представлены на рисунке 3.8.

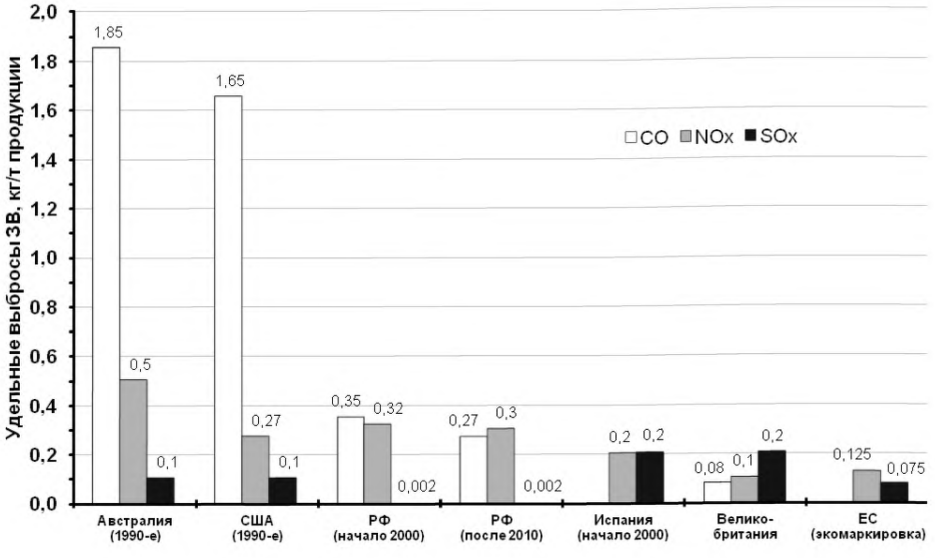

Рисунок 3.8 — Удельные выбросы основных загрязняющих веществ, сопровождающие производство керамической плитки (в скобках указаны годы постройки/реконструкции предприятий) [130]

Необходимо подчеркнуть, что столбец ЕС (экомаркировка) относится к требованиям системы добровольной экологической маркировки керамической плитки, распространенной в государствах — членах ЕС. Эти требования сформулированы более четко и жестко, чем требования НДТ:

- NO_x: удельный выброс 0,125 кг/т продукции;
- SO: удельный выброс 0,075 кг/т продукции.

В России в 2014 году по результатам обследований заводов и оценки, полученной из различных источников информации, для современных отечественных предприятий составлена обобщенная схема входных и выходных потоков в производстве керамической плитки (см. рисунок 3.9) в расчете на 1 т продукции [15].

Представленные на рисунке 3.9 показатели достаточно хорошо согласуются с зарубежными данными и, по всей вероятности, отражают практику передовых отечественных предприятий.

Обработка заполненных отечественными предприятиями анкет позволяет предположить, что параметры выбросов основных загрязняющих веществ таковы:

- CO: удельный выброс 0,15–3,15 кг/т продукции;
- NO_x: удельный выброс 0,35–0,75 кг/т продукции.

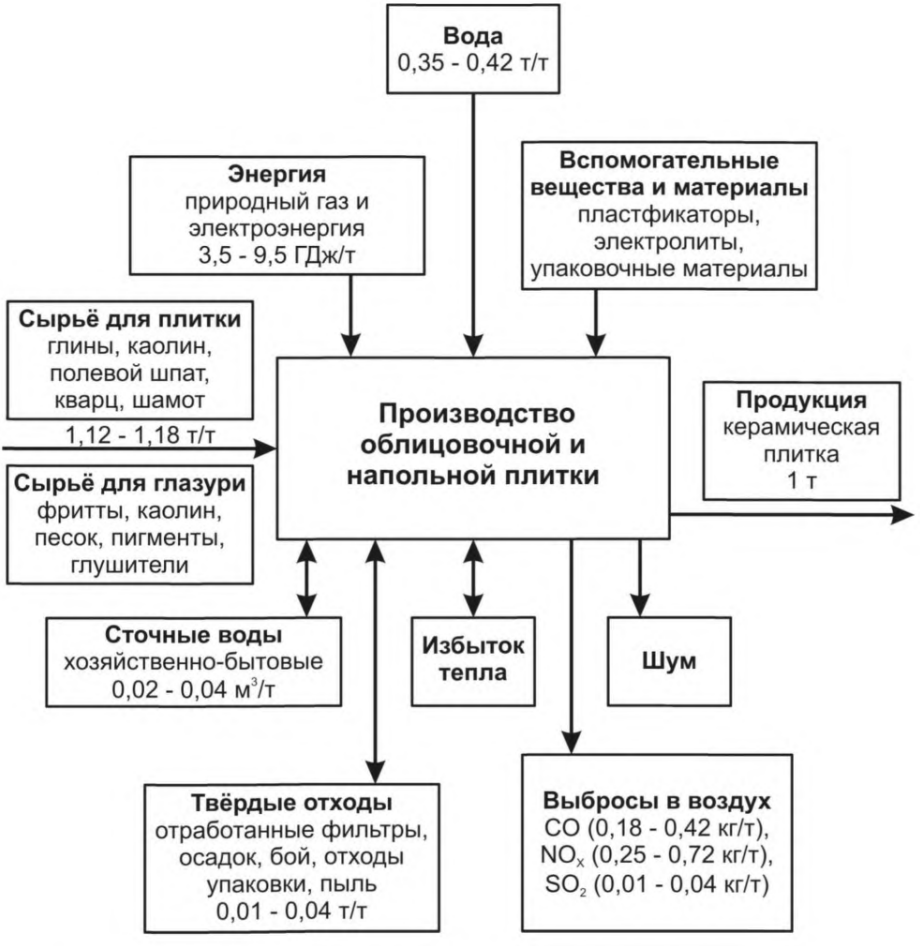

Рисунок 3.9 — Входные и выходные потоки в производстве керамической плитки в России (количественная оценка) [15]

Следует отметить, что, как правило, в разрешительной документации предприятий по производству керамической плитки упоминаются более 20 загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух. При этом большая часть напрямую с про-

цессом выпуска плитки не связана; кроме того, по свидетельству специалистов предприятий, практически все показатели являются расчетными.

Для очистки отходящих газов от пыли используются рукавные фильтры (98 % — 99,8 % эффективности) и в некоторых случаях циклоны (75 % — 80 % эффективности) в массозаготовительных отделениях, а также на участках подготовки пресс-порошка и прессования.

Производственные сточные воды при выпуске облицовочной и напольной плитки формируются в процессе очистки оборудования для подготовки сырья и глазурования, в процессе обезвоживания масс на ротационных и фильтр-прессах, а также при мокрой шлифовке. Воду нередко используют в замкнутом цикле с коэффициентом рециркуляции до 90 %. Излишек глазури собирают и возвращают обратно в производственный цикл. Хозяйственно-бытовые сточные воды преимущественно передаются в централизованные системы водоотведения.

Ответившие на вопросы анкеты предприятия указали, что они предусматривают вторичное использование накопленных в средозащитной технике пылеобразных веществ и ситового возврата (после процеживания шликера) для приготовления шликера. Бой некондиционной плитки (до 5 % — 8 %) поступает также в отделение массоподготовки. Отходы керамические, отходы абразивных материалов и отходы упаковки составляют до 0,8 масс. % от выпуска продукции. Они относятся к V классу опасности. Невозвратные отходы (до 1,5 % от выпуска продукции) планируется продавать как наполнитель для сухой смеси. На предприятиях действуют системы раздельного сбора отходов.

Основными источниками шума предприятия являются вентиляционное, технологическое оборудование производственных цехов и котельной, разгрузочно-погрузочные работы и движение транспорта по промплощадке.

Общее заключение, которое можно сделать по результатам оценки доступных данных по эмиссиям в окружающую среду, состоит в том, что для перехода к технологическому нормированию в производстве керамических изделий необходимо наладить систему сбора и анализа информации о технологических (характеризующих собственно технологические процессы) параметрах производства.

Экологическое регулирование всех прочих процессов целесообразно осуществлять на основе норм общего действия, получивших распространение во многих странах. Нормы общего действия представляют собой совокупность установленных в нормативных документах условий, охватывающих общие технологические аспекты эксплуатации типовых установок и предусматривающих установление требований к порядку

выполнения различных операций и минимальных требований к защите окружающей среды (в том числе такие, как высота трубы в химических лабораториях, порядок обращения с отходами в столовых, порядок обращения с ливневыми сточными водами и пр.) [137].

3.4 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве огнеупорных изделий

В процессе подготовки настоящего справочника НДТ анкеты для сбора информации о текущих уровнях эмиссий и потребления ресурсов были направлены российским предприятиям по производству огнеупорных изделий. К концу лета 2015 года разработчики справочника НДТ располагали четырьмя заполненными анкетами. При обсуждении численных параметров были учтены как данные предприятий, так и материалы современных российских исследований и данные отраслевого справочного документа ЕС [80].

3.4.1 Потребление энергии

В таблице 3.9 приведены значения удельного энергопотребления на различных стадиях процесса производства магнезитового кирпича в соответствии с данными справочника ЕС [80].

Таблица 3.9 — Удельное энергопотребление в производстве магнезиальных огнеупоров

Операция	Энергопотребление, ГДж/т
Подготовка, рассев	0,35–0,50
Взвешивание, дозирование, смешение	0,045–0,070
Формование	0,13–0,20
Сушка и обжиг	3,0–6,3
Послеобжиговая обработка, упаковка	0,08

Таким образом, основная доля энергии потребляется в процессе сушки и обжига огнеупоров (так же как и в производстве других керамических изделий); удельное энергопотребление варьируется в пределах 4–7 ГДж/т продукции.

На российских предприятиях по производству магнезиальных огнеупоров расходуется до 12 ГДж энергии на тонну продукции. Обжиг проводится при температуре 1600 °С — 1700 °С, и более 95 % энергии расходуется на обжиг огнеупоров.

Удельное потребление энергии при выпуске динасовых огнеупоров составляет около 3,5 ГДж/т продукции. Удельное потребление энергии при производстве шамотных огнеупоров близко к 6–7 ГДж/т продукции.

3.4.2 Эмиссии в окружающую среду

В первую очередь выбросы загрязняющих веществ в ОС, образующиеся в производстве огнеупоров, определяют значительное энергопотребление и высокотемпературную обработку материалов.

В справочнике ЕС представлены концентрации ЗВ в отходящих газах и объемы этих газов, однако, в связи с тем, что производительность предприятий не приведена, оценить удельные выбросы не представляется возможным. К приоритетным загрязняющим веществам отнесены:

- пыль;
- монооксид углерода;
- оксиды азота;
- оксиды серы;
- неорганические газообразные соединения фтора (для высокоглиноземистых огнеупоров).

Специалисты российских предприятий также считают эти загрязняющие вещества основными, поступающими в атмосферный воздух при производстве огнеупоров. Исключение составляют соединения фтора. Удельные выбросы этих ЗВ варьируют в широких пределах:

- CO: 0,4–35 кг/т продукции;
- пыль (организованные источники): 0,07–3 кг/т продукции;
- NO_x (в пересчете на NO_2): 0,2–1,6 кг/т продукции;
- SO_2: 0,01–0,1 кг/т продукции.

Значительный разброс показателей (в частности, удельных выбросов CO) требует дополнительного обсуждения вероятных источников и причин образования загрязняющих веществ с практиками.

Выбросы пыли в воздух происходят не только при обжиге, но и в следующих технологических операциях:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;
- при сухом способе подготовки сырья;

- при формовании в прессах также возможны выбросы паров связующих веществ и добавок;

- при сухой шлифовке некоторых видов огнеупорных изделий после обжига.

Производственные сточные воды в производстве огнеупоров образуются в результате промывки технологического оборудования, а также при мокрой шлифовке; нередко производственные сточные воды используют повторно в замкнутом цикле.

В отношении отходов производства и технологических потерь отмечено следующее:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке, образуется бой изделий;

- подготовка сырьевых материалов (промывка оборудования), а также очистка литьевых установок и мокрая шлифовка сопровождаются образованием шлама;

- отходами процесса шликерного литья являются отработанные и разбитые гипсовые формы;

- в процессе упаковки появляются отходы в виде пластика, бумаги, металлолома;

- в установках очистки отходящих газов скапливается пыль, шлам, отработанные сорбенты.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в переделах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют на полигоны или (реже) на другие предприятия для возможного применения в различных отраслях.

На рисунке 3.10 представлена потоковая схема производства периклазохромитового кирпича.

Ведущие российские предприятия по производству огнеупоров внедряют и совершенствуют системы экологического менеджмента, разрабатывают и выполняют программы минимизации негативного воздействия на окружающую среду [138], [139].

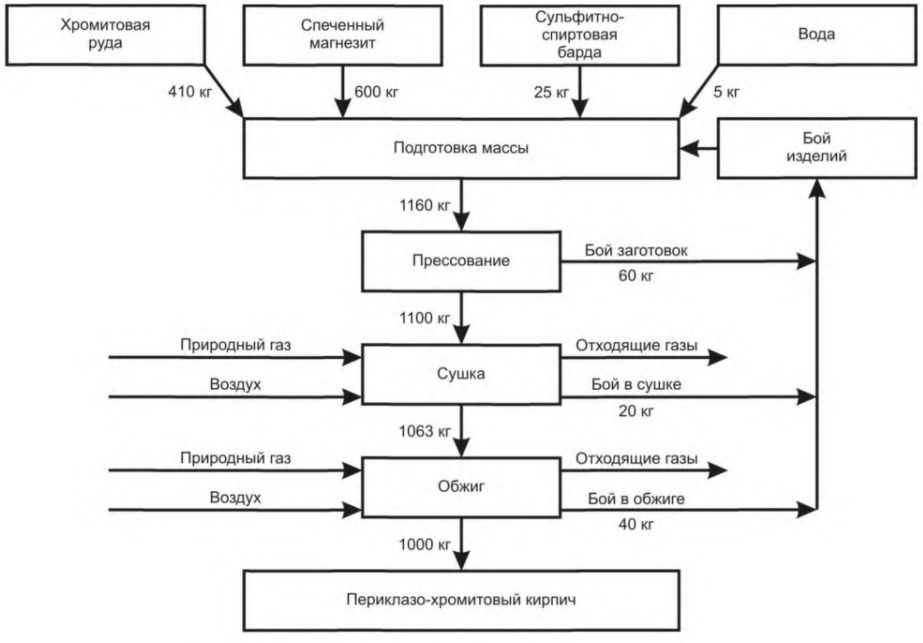

Рисунок 3.10 — Входные и выходные потоки в производстве периклазо-хромитового кирпича (количественная оценка)

3.5 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве санитарно-технических изделий из керамики

В процессе подготовки настоящего справочника НДТ анкеты для сбора информации о текущих уровнях эмиссий и потребления ресурсов были направлены российским предприятиям по производству санитарно-технических изделий из керамики. Осенью 2015 года разработчики справочника НДТ еще не располагали заполненными анкетами, хотя на предварительном этапе, в ходе посещения промплощадок, определенный фактический материал был собран. В связи с этим было принято решение на первом этапе при обсуждении численных параметров учитывать материалы современных отечественных исследований и данные отраслевого справочного документа ЕС [80] и указывать, по возможности, соответствуют ли эти параметры известным показателям российских предприятий.

3.5.1 Потребление энергии

Удельное потребление энергии в производстве санитарно-технических изделий является достаточно высоким. В таблице 3.10 представлены технико-эксплуатационные характеристики печей различных типов, используемых в производстве СТИ [1)].

Таблица 3.10 — Технико-эксплуатационные данные и производительность печей различных типов [80]

Тип печи	Температура, °С	Продолжительность обжига, ч	Удельное энергопотребление, ГДж/т	Производительность, т/ч
Традиционная туннельная печь	1230–1270	16–24	9,1–12,0	0,8–1,0
Современная туннельная печь с легковесной волокнистой теплоизоляцией	1230–1260	10–18	4,2–6,7	1,0–2,0
Роликовая печь	1230–1260	8–12	3,5–5,0	0,8–1,0
Современная печь с выкатным подом, «лечка» изделий	1180–1220	12–23	8,3–10,4	5–15*
Современная печь с выкатным подом, первичный обжиг	1240–1260	12–23	9,2–11,3	5–15*
* т/цикл.				

В таблице 3.11 приведены данные о потреблении энергии топлива и электроэнергии на трех заводах по производству санитарно-технических изделий, функционирующих в ЕС.

[1)] По состоянию на 2003 год, так как именно в это время были собраны данные, представленные в справочнике ЕС.

Таблица 3.11 — Энергопотребление в производстве санитарно-технических изделий [80]

Параметр	Единицы измерения	Завод 1	Завод 2	Завод 3
Производственная мощность	т/год	10000	5120	2900
Потребление сырья	т/год	17000	7801	3500
Потребление электроэнергии	ГДж/т продукции	0,36	3,32	3,16
Потребление энергии топлива	ГДж/т продукции	30	22	28

В ведомственных нормах технологического проектирования предприятий керамической промышленности [140], выпущенных в СССР в 1986 году, указано, что удельный расход топлива на обжиг санитарно-технических изделий в туннельной печи должен составлять 500 кг на тонну продукции, что эквивалентно 14,65 ГДж/т продукции. Как видно, порядки величин совпадают. Необходимо также отметить, что в последние годы многие российские предприятия достигли значительного повышения энергоэффективности за счет внедрения современного оборудования, сокращения цикла обжига, использования горячего воздуха, отбираемого из зоны охлаждения туннельных печей, в сушилках и рекуператорах для нагрева воздуха, подаваемого в горелки туннельной печи, а также в котлах-экономайзерах для нагрева воды.

3.5.2 Эмиссии в окружающую среду

Производство санитарно-технических изделий из керамики сопровождается выбросами загрязняющих веществ в воздух, образованием сточных вод и твердых отходов. Шум также обсуждается как один из факторов негативного воздействия на окружающую среду.

В справочнике ЕС представлены концентрации ЗВ в отходящих газах и объемы этих газов, однако в связи с тем, что производительность предприятий не приведена, оценить удельные выбросы не представляется возможным. К приоритетным загрязняющим веществам отнесены пыль, оксиды азота и монооксид углерода. Отмечено, что при использовании жидкого топлива следует также учитывать выбросы оксидов серы. В связи со спецификой средиземноморских глин обсуждаются выбросы соединений хлора и фтора.

В 2009 году при выполнении проекта «Гармонизация экологических стандартов II. Россия» эксперты провели сравнение характеристик отходящих газов, поступающих в атмосферу при производстве СТИ в ЕС и на выбранном предприятии в России (см. таблицу 3.12) [141].

Как видно, приведенные показатели достаточно близки друг к другу; можно предположить, что и удельные величины (выраженные в килограммах загрязняющих веществ на тонну продукции) будут иметь сходные значения.

Таблица 3.12 — Сравнительный анализ содержания загрязняющих веществ в отходящих газах производства санитарно-технических изделий

Компонент выбросов	Концентрации ЗВ в отходящих газах, мг/м^3	
	Характеристики НДТ	Отчетная документация выбранного российского предприятия
Оксиды азота в пересчете на NO_2	10–50	29,8
Диоксид серы	1–100	Нет данных
Монооксид углерода	До 200	122,2
Пыль	1–20	< 20

Выбросы пыли в воздух сопровождают следующие технологические операции:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;
- при сухой подготовке твердого сырья;
- при нанесении глазури методом распыления;
- при полировке и сухой шлифовке обожженных изделий;
- при обжиге и сушке изделий.

При производстве санитарно-технических изделий из керамики сточные воды образуются в результате промывки массоподготовительного и литейного оборудования, при глазуровании и мокрой шлифовке. В таких водах присутствуют те же вещества, что и в сырьевых материалах, поэтому их используют повторно (в основном как промывные воды).

В производстве санитарно-технических изделий отходы производства и технологические потери могут образовываться:

- на некоторых стадиях производственного процесса, в частности при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке (бой изделий);
- при подготовке сырьевых материалов (промывка оборудования), а также очистке литьевых и глазуровальных установок и мокрой шлифовке (шлам);
- в процессе шликерного литья (отработанные и разбитые гипсовые формы);

- в процессе упаковки (отходы пластика, бумаги, картона, металла);

- в установках очистки отходящих газов.

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в переделах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют на полигоны или (реже) на другие предприятия для возможного применения в различных отраслях.

На рисунке 3.11 представлена потоковая схема производства санитарно-технических изделий из керамики.

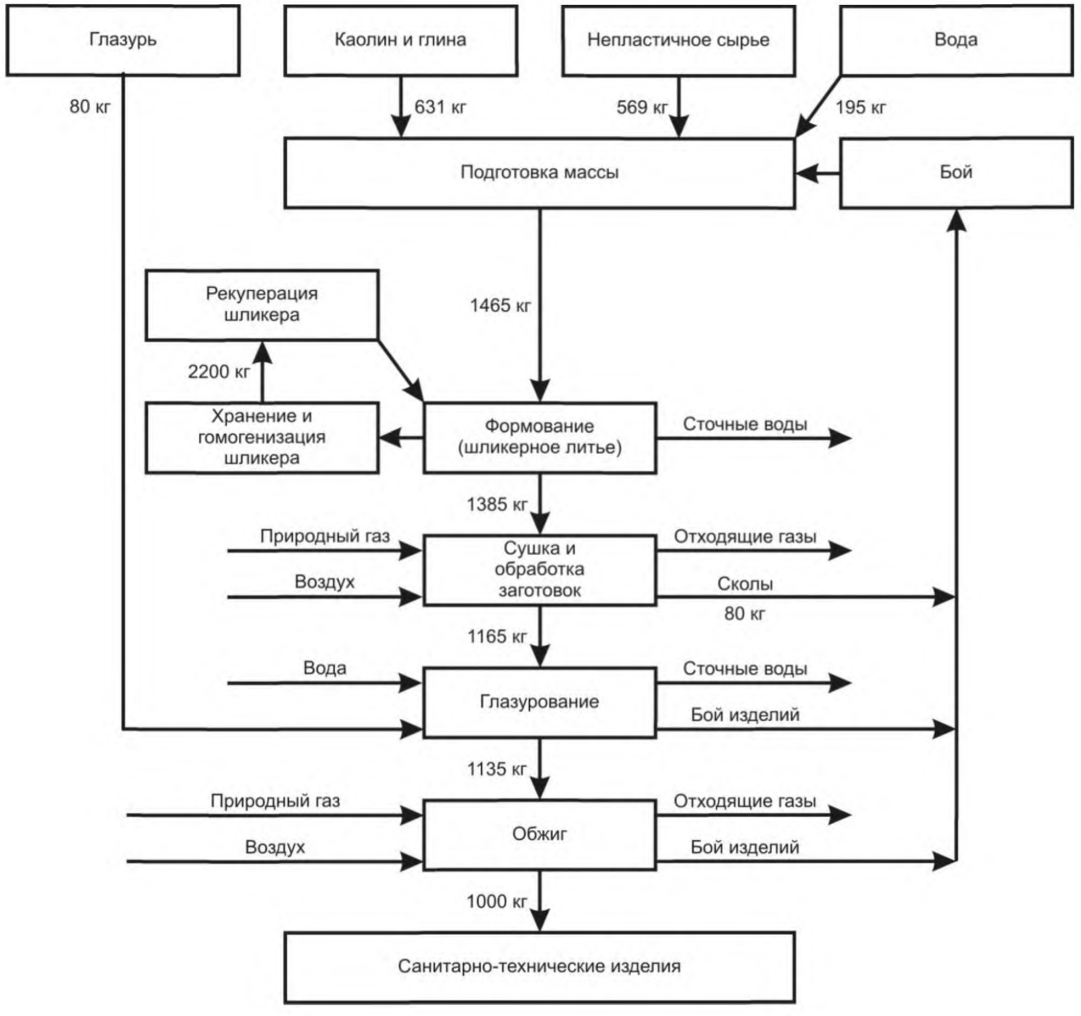

Рисунок 3.11 — Входные и выходные потоки производства санитарно-технических изделий из керамики (количественная оценка)

3.6 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве керамических хозяйственных и декоративных изделий (посуды)

В процессе подготовки настоящего справочника НДТ анкеты для сбора информации о текущих уровнях эмиссий и потребления ресурсов были направлены российским предприятиям по производству огнеупорных изделий. Осенью 2015 года разработчики справочника НДТ еще не располагали заполненными анкетами, хотя на предварительном этапе, в ходе посещения промплощадок, определенный фактический материал был собран. В связи с этим было принято решение на первом этапе при обсуждении численных параметров учитывать материалы современных отечественных исследований и данные отраслевого справочного документа ЕС [80] и указывать, по возможности, соответствуют ли эти параметры известным показателям российских предприятий.

3.6.1 Потребление энергии

При обсуждении технологии производства посуды составители справочника ЕС приводят технико-экономические показатели туннельных печей и печей с вакантным подом. Удельное потребление энергии на обжиг изделий в печи с выкатным подом составляет 20 ГДж/т продукции. В туннельных печах на утельный и политой обжиг суммарно расходуется около 45 ГДж/т продукции.

В таблице 3.13 приведены данные, характеризующие расход энергии топлива и электроэнергии европейским предприятием по изготовлению столового фарфора [80].

Как видно, удельное потребление энергии варьирует в широких пределах. Сравнивая различные подотрасли производства керамических изделий, европейские специалисты принимают обычно удельное энергопотребление в производстве посуды равным 45 ГДж/т.

Таблица 3.13 — Потребление тепловой и электроэнергии при производстве фарфоровой посуды

Параметр	Единицы измерения	Значение
Потребление энергии топлива	ГДж/т продукции	70
Потребление электроэнергии	ГДж/т продукции	4,5

В России складывается аналогичная ситуация, и разброс значений в интервале 40–80 ГДж/т считается нормальным [1)].

3.6.2 Эмиссии в окружающую среду

В первую очередь выбросы загрязняющих веществ в ОС, образующиеся в производстве огнеупоров, определяют значительное энергопотребление и высокотемпературную обработку материалов.

Производство керамических хозяйственных и декоративных изделий (посуды) сопровождается выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, сбросом сточных вод и образованием твердых отходов. Шум также обсуждается как один из факторов негативного воздействия на окружающую среду.

В справочнике ЕС представлены концентрации ЗВ в отходящих газах и объемы этих газов, однако, в связи с тем, что производительность предприятий не приведена, оценить удельные выбросы не представляется возможным. К приоритетным загрязняющим веществам отнесены следующие:

- пыль;
- оксиды азота;
- монооксид углерода;
- оксиды серы;
- летучие органические соединения;
- неорганические газообразные соединения фтора и хлора (без указания, для какого именно вида сырья, хотя, вероятно, речь идет о глинах морского происхождения).

Также могут иметь место выбросы тяжелых металлов из неорганических пигментов (в форме оксидов этих металлов). Отмечено, что при ведении технологических процессов в печах периодического действия (например, с выкатным подом) может образовываться большее количество загрязняющих веществ, чем при использовании туннельных печей.

Выбросы пыли в воздух происходят не только при нанесении глазури распылением и обжиге, но и в следующих технологических операциях, в число которых входят:

- хранение и транспортировка сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;
- массоподготовка (сухим способом);

[1)] Данные получены в ходе обсуждения перспектив подготовки справочника НДТ с российскими практиками.

- формование сухих масс (прессованием);

- глазурование и ангобирование в зависимости от принятого способа нанесения покрытий;

- сухая шлифовка некоторых видов хозяйственно-бытовой керамики после обжига.

При производстве керамической посуды сточные воды образуются в результате промывки массоподготовительного оборудования и очистки установок глазурования и декорирования, в ходе обезвоживания масс на ротационных и фильтр-прессах, при мокрой шлифовке. В составе сточных вод присутствуют те же вещества, что и в сырьевых материалах. Для очистки сточных вод применяют процессы флокуляции, седиментации, фильтрации и др.

В производственных сточных водах российских предприятий по производству керамических изделий определяют обычно содержание взвешенных веществ, хлоридов и сульфатов [1)]. После механической очистки осветленную воду направляют на повторное использование в цеха предприятий.

Отходы производства и технологические потери образуются на следующих стадиях производства:

- при формовании, сушке, обжиге и послеобжиговой обработке (бой изделий);

- при подготовке сырьевых материалов (промывке оборудования), а также при очистке литьевых и глазуровальных установок и мокрой шлифовке (шлам);

- в процессе шликерного литья (отработанные и разбитые гипсовые формы);

- в процессе упаковки (отходы пластика, бумаги, металла);

- в установках очистки отходящих газов (пыль, шлам и др.).

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в переделах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют на полигоны или (реже) на другие предприятия для возможного применения в различных отраслях. На российских предприятиях доля отходов может достигать 0,3 т/т продукции.

На рисунке 3.12 представлена потоковая схема производства недекорированных изделий с предварительным обезвоживанием массы на фильтр-прессах и формованием способом раскатки.

[1)] Определение углеводородов нефти также проводят, однако в технологических процессах нефтепродукты не используются.

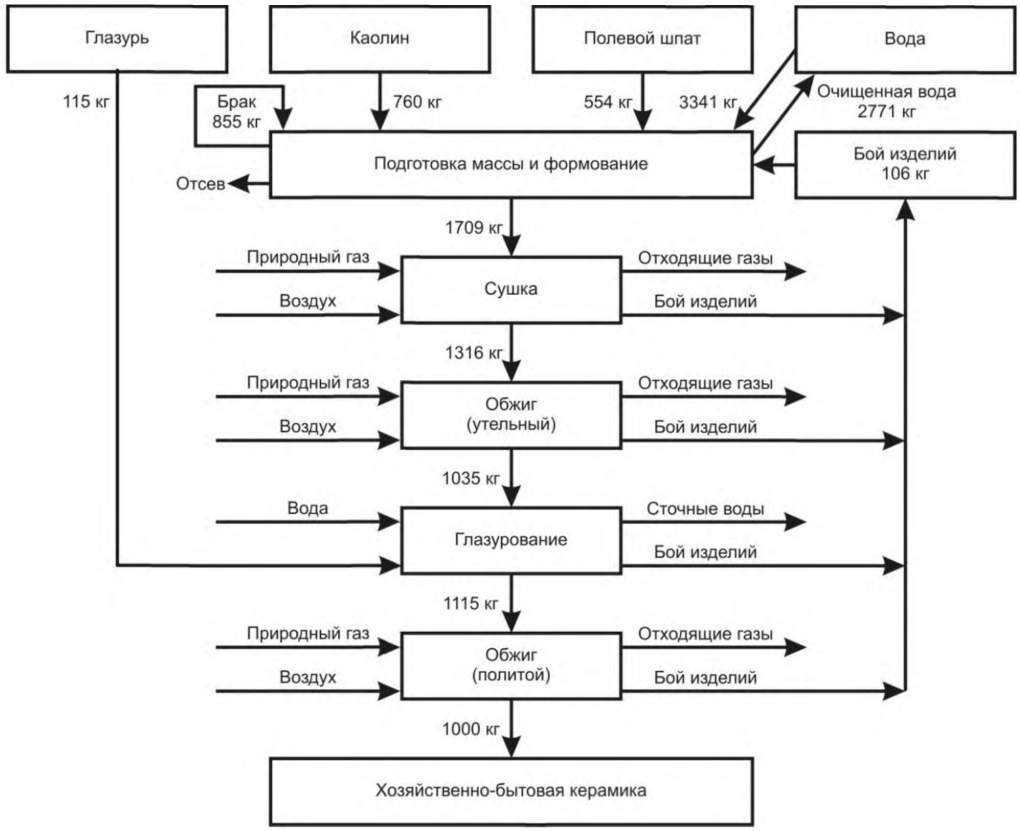

Рисунок 3.12 — Входные и выходные потоки в производстве керамической посуды (количественная оценка)

3.7 Текущие уровни эмиссий в окружающую среду и потребления ресурсов в производстве технических изделий из керамики

В процессе подготовки настоящего справочника НДТ анкеты для сбора информации о текущих уровнях эмиссий и потребления ресурсов были направлены российским предприятиям по производству технических изделий из керамики (изоляторов и др. изделий). К концу лета 2015 года разработчики справочника НДТ располагали одной заполненной анкетой. В связи с этим было принято решение на первом этапе при обсуждении численных параметров учитывать данные отраслевого справочного документа ЕС [80], а также материалы открытой отчетности предприятий и результаты современных отечественных исследований.

3.7.1 Потребление энергии

В таблице 3.14 приведены значения удельного энергопотребления на различных стадиях процесса производства электрофарфора (для изоляторов) в соответствии с данными справочника ЕС [80].

Таблица 3.14 — Потребление энергии в производстве электрофарфора (на примере двух предприятий)

Параметр	Единицы измерения	Завод 1	Завод 2
Потребление электроэнергии	ГДж/т продукции	Н/д	0,94
Потребление энергии топлива	ГДж/т продукции	25	15,30

По данным австрийских исследователей, удельное потребление энергии топлива для печи с выкатным подом объемом 70 $м^3$ и производительностью 10–25 т изоляторов за цикл составляет 12–20 ГДж/т [142]. В Российской Федерации удельное потребление энергии при обжиге изоляторов значительно выше и может превышать 30 ГДж/т.

Данные о потреблении энергии при производстве других видов технической керамики приводятся редко; в основном обсуждаются подходы к улучшению энергоэффективности производства в отрасли в целом (см, например, [143]). В то же время при обсуждении удельного энергопотребления, характерного для различных подотраслей производства керамических изделий составители справочника ЕС указывают, что на производство 1 т технической керамики расходуется около 50 ГДж энергии [80].

3.7.2 Эмиссии в окружающую среду

В справочнике ЕС представлены примеры, характеризующие концентрации ЗВ в отходящих газах и объемы этих газов, однако, в связи с тем, что производительность предприятий не приведена, оценить удельные выбросы не представляется возможным. К приоритетным загрязняющим веществам отнесены:

- пыль;
- оксиды азота;
- монооксид углерода;
- оксиды серы;
- неорганические газообразные соединения фтора и хлора (в зависимости от свойств глин);

- летучие органические соединения (если в состав массы входят органические добавки).

Для европейских предприятий наиболее высокие концентрации в отходящих газах характерны для CO (около 90 мг/м^3) и оксидов азота (около 40 мг/м^3 в пересчете на NO_2).

Выбросы пыли в воздух происходят не только при обжиге технических изделий из керамики, но и в следующих технологических операциях:

- при хранении и транспортировке сырья из накопителей, установок для дозирования, перемещения и обработки сырьевых материалов;

- при сухом способе подготовки сырья;

- при формовании сухих масс прессованием;

- при дообжиговой, промежуточной и послеобжиговой механической обработке сухим способом;

- при глазуровании и ангобировании в зависимости от способа нанесения покрытий.

Производственные сточные воды в производстве технической керамики образуются в результате промывки массоподготовительного и литейного оборудования, очистки установок глазурования и ангобирования, при мокрой шлифовке. В производственных сточных водах присутствуют те же вещества, что и в сырьевых материалах; для их очистки применяют процессы флокуляции, концентрирования, фильтрования (с применением фильтр-прессов).

Производственные отходы и технологические потери образуются на следующих стадиях:

- при формовании, сушке, обжиге и механической обработке (бой изделий);

- при подготовке сырьевых материалов (при промывке оборудования), очистке литьевых установок и участков глазурования и ангобирования, а также при мокрой шлифовке (шлам);

- в процессе шликерного литья (отработанные и разбитые гипсовые формы);

- в процессе упаковки (отходы пластика, бумаги, картона, металла);

- в установках очистки отходящих газов (пыль, шлам и др.).

Некоторые из перечисленных видов отходов могут быть повторно использованы в переделах предприятия в соответствии с требованиями к продукции и технологическим регламентом. Остальные материалы направляют на полигоны или (реже) на другие предприятия для возможного применения в различных отраслях.

Ведущие российские предприятия, выпускающие (наряду с другими видами продукции) технические изделия из керамики, внедряют и совершенствуют системы экологического менеджмента, разрабатывают и выполняют программы минимизации негативного воздействия на окружающую среду [138], [144].

Раздел 4. Определение наилучших доступных технологий производства керамических изделий

Процедура определения наилучших доступных технологий производства керамических изделий организована Бюро НДТ и технической рабочей группой 4 «Производство керамических изделий» в соответствии с Правилами определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458) [145].

Определение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов в качестве НДТ проведено членами ТРГ-4 с учетом Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии (утверждены приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665, далее — Методические рекомендации) [146]. Применение этого документа обусловлено не отсутствием согласованной позиции между членами ТРГ-4 по вопросу отнесения рассмотренных технологий к НДТ (пункт 4 Методических рекомендаций), а сложностями в проведении сравнительного анализа ресурсоэффективности и экологической результативности предприятий по производству керамических изделий.

Основные технологические процессы и оборудование описаны в разделе 2. В этом же разделе указаны меры, направленные на повышение ресурсоэффективности и снижение негативного воздействия на ОС, применяемые при производстве различных видов изделий из керамики.

При определении технологических процессов, оборудования, технических способов, методов в качестве наилучшей доступной технологии члены ТРГ-4 рассматривали их соответствие следующим критериям:

- наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду (определенный по значениям таких факторов, как выбросы, сбросы загрязняющих веществ и образование отходов, в расчете на единицу производимой продукции);

- применение ресурсо- и энергосберегающих методов и достижение высоких показателей ресурсоэффективности (прежде всего энергоэффективности) производства, определенных по потреблению энергии в расчете на единицу произведенной продукции;

- промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов, методов на двух и более предприятиях по производству керамических изделий в Российской Федерации (установленное по результатам обработки анкет, поступивших от предприятий);

- период внедрения (в том числе необходимость полной реконструкции предприятия, возможность последовательного улучшения показателей ресурсоэффективности и экологической результативности путем внедрения технических усовершенствований и процедур в рамках систем энергетического и экологического менеджмента).

Вопросы экономической эффективности рассмотрены только в тех случаях, когда членам ТРГ-4 удавалось получить надежные данные от отечественных предприятий, внедривших конкретные технологические, технические или управленческие решения, позволяющие достичь высокого уровня защиты окружающей среды и ресурсоэффективности производства.

В подразделе 1.8 «Экологические аспекты производства керамических изделий и воздействие предприятий отрасли на окружающую среду» отмечено, что рассматриваемые производства характеризуются высокой энергоемкостью, и именно этим фактом обусловлены основные факторы негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому при определении первичных («встроенных» в процесс, технологических) и вторичных (технических, имеющих отношение к средозащитной технике) НДТ для отрасли принимали во внимание следующие позиции (с учетом специфики конкретных подотраслей производства керамических изделий):

- потребление энергии;

- выбросы отходящих газов в атмосферу:

- выбросы, обусловленные сжиганием топлива и термической обработкой сырьевых материалов и полуфабрикатов;

- выбросы, связанные с подготовкой сырья и, в ряде случаев, механической послеобжиговой обработкой изделий;

- образование отходов и их использование в производстве;

- образование производственных сточных вод, их очистка (в том числе предварительная) на предприятии и применение водооборотных циклов.

С точки зрения формирования картины загрязнения окружающей среды выбросы, обусловленные сжиганием топлива и термической обработкой сырья и полуфабрикатов, содержат кислые газы (оксиды азота и, в ряде случаев, серы), монооксид и диоксид углерода. Последний относится к парниковым газам и не получает отражения в отчетности по форме 2 ТП-воздух; снижение выбросов диоксида углерода в технологии керамических изделий достигается преимущественно путем сокращения энергоемкости производства. Выбросы отходящих газов, обусловленные подготовкой сырья и механической послеобжиговой обработкой изделий, содержат пыль и должны подвергаться очистке с применением соответствующей средозащитной техники.

Отходы производства в соответствии с требованиями технологических процессов в большинстве случаев могут быть использованы повторно. Практически все производственные отходы предприятий по выпуску керамических изделий относятся к 4-му классу опасности (в соответствии с СП 2.1.7.1386—03 «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления» [147]) и при размещении на полигонах не требуют особых мер защиты окружающей среды.

В большинстве подотраслей производства керамических изделий вода, которую добавляют непосредственно в шихту, не вносит вклада в образование сточных вод, поскольку полностью испаряется на стадиях сушки и обжига. Сточные воды образуются преимущественно при роспуске глины в процессе производства и в результате ее смыва при очистке оборудования; также сточные воды могут формироваться в результате работы скрубберов мокрой очистки отходящих газов. В ряде случаев сточные воды подвергаются очистке от взвешенных веществ на самих предприятиях и повторно используются в производстве.

Для всех подотраслей рассматривали также системы экологического менеджмента, в рамках которых осуществляется планирование, разработка программ повышения экологической результативности (а также ресурсоэффективности) и их реализация.

Для определения технологических показателей (параметров НДТ) необходимо обеспечить значительный охват предприятий отрасли (подотрасли). Само понятие «значительный» растяжимо: если подотрасль представлена 7–8 заводами или площадками нескольких компаний, то обеспечить 70–80-процентный охват предприятий вполне возможно. Когда же речь идет о сотнях заводов, складывается совершенно иная ситуация.

По данным Ассоциации производителей керамических материалов и Ассоциации производителей керамических стеновых материалов, получивших отражение в подраз-

деле 1.2, в настоящее время кирпич в России производят примерно 300 предприятий. При этом при подготовке настоящего справочника НДТ в анкетировании приняли участие 22 завода различной мощности (но не менее 30 тыс. т в год, см. раздел «Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссий в окружающую среду»). Доля предприятий других подотраслей, предоставивших информацию об энергоэффективности, экологической результативности и применяемых технологических процессах и технических решениях, очень незначительна.

В связи с этим в качестве источников информации о технологических показателях при определении НДТ использованы как справочник ЕС [148], так и отраслевые руководства [129], [148], [149], национальные стандарты [7], [135], монографии и статьи, посвященные наилучшим доступным технологиям в производстве керамических изделий [17], [9], [3], [4], [82] что соответствует пункту 7.1.4 Методических рекомендаций [146].

Таким образом, определение НДТ для подотраслей производства керамических изделий осуществлено по результатам сравнительного анализа ресурсоэффективности (преимущественно энергоэффективности) и экологической результативности отечественных предприятий (на основе анкетирования и с привлечением опубликованных материалов научных работ) с учетом доступных сведений о технологических параметрах, достигнутых в порядке внедрения НДТ за рубежом.

При подготовке справочника НДТ и определении НДТ производства керамических изделий члены ТРГ-4 в целом следовали логике, описанной в приложении 1 к Методическим рекомендациям [146], а также в справочнике Европейского союза «Экономические аспекты и вопросы и воздействия на различные компоненты окружающей среды» [150] (Reference Document on Economics and Cross-Media Effects, 2006) [151]. Последовательность этапов рассмотрения технологических процессов, технических решений и методов при определении НДТ производства керамических изделий представлена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 — Последовательность этапов рассмотрения технологических процессов, технических решений и методов при определении НДТ производства керамических изделий

Анализ результатов анкетирования предприятий по производству керамических изделий позволяет предположить, что оценку мощности предприятий и установление критериев их отнесения к объектам I категории целесообразно проводить в единицах массы изделий, выпускаемых ежегодно (тонн в год).

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029, утверждающим критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий, к объектам категории I, обязанным получать комплексные экологические разрешения и подтверждать соответствие технологическим нормативам, установленным на основе НДТ, отнесены предприятия по производству:

- огнеупорных керамических изделий и строительных керамических материалов (с проектной мощностью 1 млн шт. в год и более);

- керамических или фарфоровых изделий, кроме огнеупорных керамических изделий и строительных керамических материалов (с проектной мощностью 75 т/сут и более и (или) с использованием обжиговых печей с плотностью садки на одну печь, превышающей 300 кг на 1 куб. м).

Не исключено, что критерии будут уточняться по мере постановки предприятий I категории на учет. Однако уже в настоящее время можно с уверенностью сказать, что в России предприятия с проектной мощностью 1 млн шт. в год по производству строительных керамических материалов нельзя отнести к крупнейшим потребителям природных ресурсов и загрязнителям окружающей среды, кроме того, размерность «штук в год» не отражает реальной мощности производства, так как масса кирпича и поризованного камня может варьировать в интервале 1,5–3 кг/шт., а оценить производительность заводов в миллионах штук керамической плитки не представляется возможным.

Отсутствие в постановлении Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029 деления керамических изделий на иные, кроме строительных материалов и огнеупорных изделий группы, не позволяет обсуждать критерии отнесения предприятий по производству санитарно-технических изделий из керамики, технической керамики или посуды к объектам I, II, III и IV категорий.

Приведенные в разделе 5 описания наилучших доступных технологий в производстве керамических изделий включают как методы, применимые для всех подотраслей, так и подходы, характерные для производства конкретных видов изделий. При подготовке раздела составители справочника НДТ ориентировались на опыт крупных отечественных предприятий.

Раздел 5. Наилучшие доступные технологии производства керамических изделий

В данном разделе сведения о наилучших доступных технологиях производства керамических изделий изложены по принципу «от общего к частному». В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [152] наилучшая доступная технология — технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения. При этом к наилучшим до-

ступным технологиям могут быть отнесены как технологические процессы, оборудование, технические способы, так и другие методы защиты окружающей среды.

Для всех подотраслей производства керамических изделий общими методами защиты окружающей среды, апробированными в Российской Федерации, являются методы и инструменты систем экологического менеджмента.

5.1 Системы менеджмента

НДТ 1. Системы экологического менеджмента и их инструменты

Подробное описание систем экологического менеджмента как НДТ приведено в настоящем разделе.

Системы экологического менеджмента (СЭМ) получили распространение в конце XX века; в сентябре 2015 года выпущен новый стандарт ISO 14001:2015 Environmental management Systems — Requirements with Guidance for Use [154]; в течение переходного периода действует также стандарт ГОСТ Р ИСО 14001—2007 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» [153].

СЭМ представляет собой часть системы менеджмента организации, необходимую для разработки и внедрения экологической политики и управления экологическими аспектами. Система менеджмента — это совокупность взаимосвязанных элементов, используемых для установления политики и целей, а также для достижения этих целей. СЭМ включает в себя организационную структуру, деятельность по планированию, распределение ответственности, практики, процедуры, процессы и ресурсы. [155]

Экологический аспект — ключевое понятие СЭМ, позволяющее соотнести деятельность организации и ее взаимодействие с окружающей средой. Экологический аспект рассматривается как элемент деятельности организации, ее продукции или услуг, который может взаимодействовать с ОС. Использование этого понятия существенно облегчает применение подходов предотвращения загрязнения: предотвращение загрязнения заключается в контроле экологических аспектов, обеспечивающем минимизацию негативного воздействия при условии соблюдения производственных требований. Соотношение «экологические аспекты» и «воздействие на окружающую среду» можно рассматривать как соотношение «причины и условия» и «следствие». В контексте НДТ это означает, что контроль причин и условий воздействия — экологических аспектов — позволяет решать задачи предотвращения и (или) сокращения негативного воздействия организации на окружающую среду, т. е. обеспечивать ее защиту.

Для промышленных предприятий приоритетные экологические аспекты идентифицируются в результате анализа таких факторов воздействия на окружающую среду, как [156]:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- сбросы загрязняющих веществ в водные объекты;
- образование отходов;
- потребление энергии, сырья и материалов.

Ключевыми принципами СЭМ являются предотвращение загрязнения и последовательное улучшение.

Предотвращение загрязнения предполагает использование процессов, практических методов, подходов, материалов, продукции или энергии для того, чтобы избежать, уменьшить или контролировать (отдельно или в сочетании) образование, выброс или сброс любого типа загрязняющих веществ или отходов, чтобы уменьшить отрицательное воздействие на окружающую среду. Предотвращение загрязнения может включать уменьшение или устранение источника, изменения процесса, продукции или услуги, эффективное использование ресурсов, замену материалов и энергии, повторное использование, восстановление, вторичную переработку, утилизацию и очистку. То есть принцип предотвращения загрязнения полностью соответствует содержанию термина «наилучшие доступные технологии».

Последовательное улучшение (которое часто называют постоянным, хотя точный смысл термина 'continual' — «последовательное», см. рисунок 5.1) — периодический процесс совершенствования системы экологического менеджмента с целью улучшения общей экологической результативности, согласующийся с экологической политикой организации. Более детальное разъяснение этого принципа приведено в «Схеме экоменеджмента и аудита» (The Eco-Management and Audit Scheme (EMAS III) [157]): «Процесс улучшения, год за годом, измеримых результатов системы экологического менеджмента, связанных с управлением организацией ее значимыми экологическими аспектами, основанный на ее экологической политике, целях и задачах, причем улучшение результатов необязательно должно происходить во всех сферах деятельности одновременно».

Процесс последовательного улучшения реализуется путем постановки экологических целей и задач, выделения ресурсов и распределения ответственности для их достижения и выполнения (разработки и реализации программ экологического менеджмента). При этом с точки зрения наилучших доступных технологий экологические задачи (детализированные требования к результативности) должны ставиться с учетом

технологических показателей НДТ. Тем самым принцип последовательного улучшения приобретает конкретность, получает численные ориентиры, что соответствует современным взглядам на требования к системам экологического менеджмента [8].

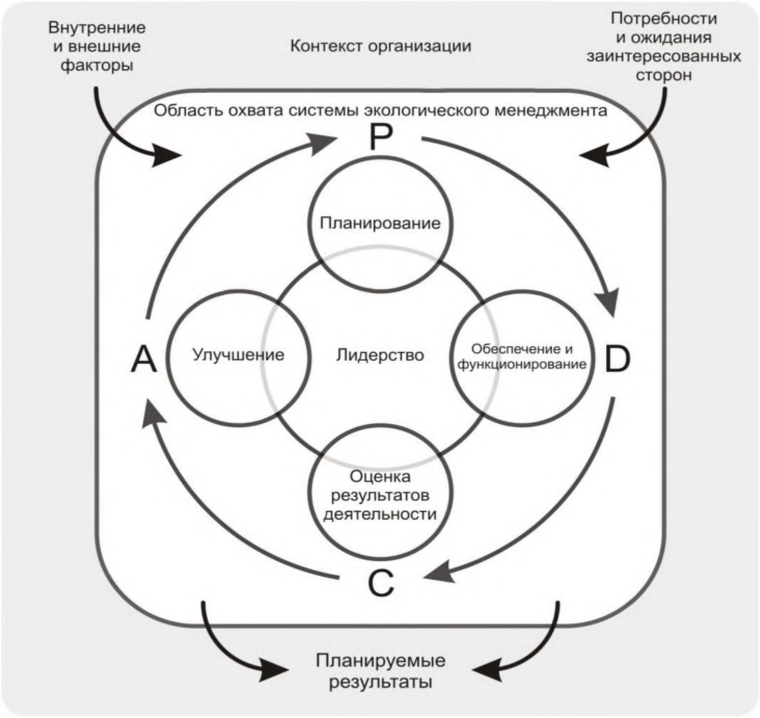

Рисунок 5.1 — Модель системы экологического менеджмента [154]

В связи с тем, что для постановки и проверки выполнения задач СЭМ необходимо обеспечить систему оценки (в том числе и по результатам измерений) показателей результативности, разработка программ экологического менеджмента предполагает и совершенствование практики производственного экологического мониторинга и контроля, включая выбор, обоснование и организацию измерений ключевых параметров. Это тем более важно, что в соответствии со статьей 22 Федерального закона от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [152] предприятия категории I должны будут передавать результаты измерений концентраций загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах в атмосферный воздух и сбросах в водные объекты, в «государственный фонд данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды), создаваемый и

используемый в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды».

В общем случае в состав СЭМ входят следующие взаимосвязанные элементы:

- экологическая политика;
- планирование (цели, задачи, мероприятия), программа СЭМ;
- внедрение и функционирование, управление операциями;
- взаимодействие и обмен информацией;
- мотивация персонала;
- подготовка и обучение персонала;
- внутренний аудит СЭМ;
- анализ и оценка СЭМ руководством организации.

Действенность СЭМ обеспечивается путем разработки, внедрения и соблюдения основных процедур, необходимых для управления экологическими аспектами. Процедура представляет собой определенный способ осуществления действия или процесса [159]. Процедуры могут быть документированными или недокументированными. Процедуры определяют последовательность операций и важные факторы этапов различных видов деятельности. В процедуры могут быть включены рабочие критерии нормального выполнения этапа, действия в случае отклонения от нормы или критерии выбора последующих этапов.

Процедуры позволяют обеспечить:

- взаимодействие подразделений для решения задач, вовлекающих более одного подразделения;
- функционирование сложных организационных структур (например, матричных);
- точное выполнение всех этапов важных видов деятельности;
- надежный механизм изменения действий (в частности, последовательного улучшения);
- накопление опыта и передачу его от специалистов новым работникам.

В связи с тем, что значительное негативное воздействие на окружающую среду нередко оказывается в результате возникновения нештатных ситуаций, СЭМ включает требование обеспечения подготовленности к таким ситуациям и разработки ответных действий. Предприятие должно установить, внедрить и поддерживать процедуру(ы), необходимую(ые) для выявления потенциально возможных аварий и нештатных ситуаций, которые могут оказывать воздействие на ОС, и для определения того, как организация будет на них реагировать. Предприятие должно также реагировать на возникающие нештатные ситуации и аварии и предотвращать или смягчать связанные с ними

негативные воздействия на окружающую среду. Работоспособность таких процедур целесообразно периодически проверять на практике.

По мнению членов ТРГ-4, в контексте наилучших доступных технологий речь не идет о сертификации систем экологического менеджмента. Аналогичная позиция представлена в справочнике ЕС [80], в котором сказано, что наилучшей доступной технологией следует считать разработку СЭМ и следование ее принципам. Практический опыт отечественных предприятий свидетельствует о том, что основные преимущества состоят в использовании ключевых методов СЭМ, в том числе таких, как:

- идентификация экологических аспектов производства (и выделение из их числа приоритетных аспектов);

- укрепление системы производственного экологического мониторинга и контроля;

- разработка и выполнение программ экологического менеджмента и тем самым достижение последовательного улучшения результативности там, где это практически возможно;

- разработка и внедрение процедур, необходимых для обеспечения соответствия организации требованиям нормативов, установленных на основе технологических показателей.

Затраты и выгоды внедрения систем экологического менеджмента

Затраты на внедрение СЭМ зависят от многих факторов, в том числе от наличия работоспособной системы менеджмента качества, уровня подготовки персонала, от размера предприятия (количества сотрудников), решения руководства о привлечении консультационных компаний или о внедрении системы экологического менеджмента собственными силами. По некоторым оценкам, для крупных организаций затраты на полномасштабное внедрение СЭМ могут достигать 1–1,5 млн руб. (не включая трудозатраты персонала). При этом следует подчеркнуть, что разработка и применение основных методов СЭМ, как правило, не требуют привлечения сторонних консультантов, но позволяют получить многие преимущества в сфере управления приоритетными экологическими аспектами.

Наиболее значимая составляющая экономической эффективности природоохранной деятельности, усиливающая внедрение СЭМ, связана с применением принципа предотвращения загрязнения. Гораздо более эффективно, а нередко единственно возможно, снизить негативное воздействие какой-либо деятельности на ОС за счет влияния на процессы, его вызывающие, — первопричину воздействия. Процессный

подход и методы предотвращения загрязнения стремятся устранить причину вредного воздействия, оперируя такими методами, как:

- изменение подходов управления и организации производства;
- вторичное и многократное использование и (или) переработка материалов;
- выбор современных, сырьевых и вспомогательных материалов (не включающих токсичные вещества или вещества, приводящие к образованию таковых в технологических процессах);
- изменение технического оформления производственных процессов;
- изменение технологии (переход на технологию, соответствующую НДТ, более экологически безопасную и ресурсоэффективную);
- изменение продукции (переход на более экологически безопасную/ресурсоэффективную продукцию).

Методы предотвращения загрязнения зачастую оказываются чрезвычайно результативными и экономически эффективными. Это относится и к методам, связанным с изменением технологических решений (требующим значительных затрат), но в первую очередь — к организационным подходам, связанным с контролем процесса производства, выбором сырьевых материалов, вторичным использованием или переработкой материалов, логистикой производства и т. п.

Именно эти методы становятся основным инструментом СЭМ по снижению воздействия на окружающую среду. Подходы предотвращения загрязнения могут использоваться совместно и одновременно с методами «на конце трубы», дополняя друг друга для обеспечения максимальной экономической эффективности и экологической результативности. Более того, СЭМ играет роль той структуры, в которой поиск и применение подходов предотвращения загрязнения принимает регулярный и систематический характер, а организационные и управленческие решения реализуются наиболее успешно.

5.2 Технологические и технические решения, применимые в качестве НДТ для отрасли производства керамических изделий в целом

5.2.1 Потребление энергии

Общие положения о потреблении энергии при производстве керамических изделий можно найти в разделе 3. Сокращение удельного энергопотребления позволяет

улучшить энергоэффективность производства в целом, а также снизить удельные выбросы загрязняющих веществ, поступающих в воздух вследствие сжигания топлива.

НДТ 2. Снижение потребления топлива в производстве керамических изделий

НДТ является снижение потребления энергии путем применения совокупности следующих технологических решений и технических приемов:

- модернизация печей и сушилок; в разделе 2 изложен ряд способов, применимых как совместно, так и по отдельности;

- рекуперация избыточного тепла печей, особенно из зоны охлаждения; избыточное тепло печи в виде горячего воздуха может быть направлено на обогрев сушилок для сушки сырья или полуфабрикатов;

- оптимизация заготовок; оптимизация формы, габаритов, состава и структуры заготовок существенно увеличивает энергоэффективность сушки и обжига при использовании соответствующих сушилок и печей.

5.2.2 Сокращение выбросов загрязняющих веществ в воздух

НДТ 3. Снижение выбросов пыли в производстве керамических изделий

Общие заключения о выбросах пыли приведены в разделе 3.

НДТ является снижение неорганизованных выбросов пыли путем применения совокупности технических решений:

- для операций, сопровождаемых значительным пылеобразованием (подготовка сырья, распылительная сушка, послеобжиговая обработка), — см. разделы 2 и 3, где описаны решения, применение которых возможно как совместно, так и по отдельности;

- проведение технологических операций, сопровождающихся образованием пыли в замкнутом объеме;

- оснащение смесителей, дробилок и питателей защитными кожухами и вытяжными установками;

- применение накопительных бункеров соответствующей емкости, датчиков уровня с отсекателями и фильтрами для очистки запыленного воздуха, вытесняемого при заполнении бункера;

- перемещение пылящего сырья при помощи закрытых конвейеров;

- снижение утечек воздуха и устранение их источников, герметизация установок;

- для участков бестарного хранения сырья:

- ограждение площадок бестарного хранения сырья при помощи экранов, стен или крупномерных зеленых насаждений;

- уравнивание уровня разгрузки сырья с высотой приемной площадки;

- снижение скорости разгрузки сырья;

- увлажнение при помощи распылительных установок источника запыления.

НДТ является снижение организованных выбросов пыли путем применения совокупности технических решений:

- снижение выбросов в технологических операциях, сопровождаемых пылеобразованием (массоподготовка), с применением рукавных фильтров с эффективностью очистки отходящих газов > 95 %;

- снижение организованных выбросов пыли, образующихся в процессе сушки путем очистки сушилки, предотвращения накопления в ней пыли и своевременного техобслуживания;

- снижение выбросов пыли при обжиге путем сокращения пыления при садке заготовок в печь с применением промышленных пылесосов.

Технологические показатели (удельные выбросы пыли при производстве керамических изделий) приведены для конкретных видов выпускаемых изделий (в тех случаях, когда информация была предоставлена предприятиями или доступна в справочнике ЕС).

НДТ 4. Снижение выбросов загрязняющих веществ с отходящими газами при обжиге керамических изделий

Общие заключения о выбросах загрязняющих веществ приведены в разделе 3.

НДТ является снижение выбросов загрязняющих веществ (монооксида углерода, оксидов азота, серы, летучих органических соединений и др.), образующихся при обжиге керамических изделий, путем применения совокупности технических решений:

- оптимизация процесса сжигания топлива для сокращения выбросов монооксида углерода и оксидов азота; контроль коэффициента избытка воздуха для полноты сгорания топлива;

- снижение максимальной температуры обжига и уменьшение его продолжительности;

- оптимизация режима обжига регулированием скорости подъема температуры в интервалах до 400 °С (возможное уменьшение скорости для полноты связывания фто-

ра и серы) и после 400 °С (возможное увеличение скорости для снижения количества выбросов);

- замена технологических связок и компонентов сырья, образующих при обжиге ЛОС, на связки и компоненты, образующие меньшее количество ЛОС или не образующие их вовсе;

- снижение подачи источников загрязняющих веществ, а именно: применение компонентов сырья с пониженным содержанием серы и азота, фтора, хлора или сокращение количества сырья с их высоким содержанием;

- для производства кирпича — введение в формовочную массу добавок карбонатов (тонкоизмельченного известняка или мела) для связывания оксидов серы при невысокой температуре обжига изделий (имеет ограниченное значение).

5.2.3 Сокращение образования сточных вод

НДТ 5. Снижение количества производственных сточных вод при выпуске керамических изделий

Общие заключения об образовании производственных сточных вод приведены в разделах 2 и 3.

НДТ является снижение водопотребления и снижение содержания загрязняющих веществ в сточных водах путем применения совокупности технических решений:

- уменьшение водопотребления путем применения мер по оптимизации процесса, включая:

- предотвращение утечек воды во всей системе водоснабжения путем установки автоматических клапанов и счетчиков;

- установка систем сбора отходов глазури и сточных вод с различных стадий технологического процесса в местах их образования;

- повторное использование воды, в частности многократное применение промывочной воды после соответствующей очистки;

- использование систем очистки сточных вод (при необходимости, в зависимости от особенностей подотрасли).

Для производственных сточных вод, которые возвращают в процесс массоподготовки, очистка может не требоваться (за исключением случаев повышенного содержания в воде растворимых солей). Для производственных сточных вод, используемых для промывки, требуется дополнительная подготовка.

5.2.4 Повторное использование шлама

НДТ 6. Повторное использование шлама в производстве керамических изделий

Общие заключения о возможностях использования шлама приведены в разделах 2 и 3.

НДТ является рециркуляция (повторное использование) шлама путем применения одного или нескольких технологических решений:

- повторное использование шлама в производственном процессе путем добавления в формовочную смесь, массу или шликер с предварительной подготовкой (усреднением, сепарацией, выдерживанием, высушиванием и т. д.) в соответствии с технологическими возможностями производства и рецептурой.

5.2.5 Минимизация отходов производства

НДТ 7. Минимизация отходов производства и технологических потерь

Общие заключения о направлениях минимизации образования отходов производства и технологических потерь приведены в разделах 2 и 3.

НДТ является снижение образования твердых отходов путем применения совокупности следующих технологических решений:

- возврат технологических отходов (пыли, обрезков, боя обожженных изделий) в производство;

- использование твердых отходов гипсовых форм и огнеприпаса для других производств (гипса — для цементной промышленности) или собственного производства (боя огнеприпаса — для его производства);

- увеличение оборачиваемости гипсовых форм использованием вакуумирования гипсового теста и армирования при их производстве;

- замена гипсовых форм пластиковыми с большей оборачиваемостью;

- уменьшение соотношения огнеприпас/обжигаемые изделия путем применения бескапсельного обжига, скоростного обжига в роликовых печах и оптимизацией садки изделий;

- оптимизация режима обжига, ведущая к сокращению брака изделий и времени эксплуатации огнеприпаса.

5.2.6 Сокращение шумового воздействия

НДТ 8. Сокращение шумового воздействия производства керамических изделий

Общие заключения о снижении шума приведены в разделах 2 и 3.

НДТ является снижение зашумленности путем применения одного или нескольких из следующих технологических решений:

- герметизация и надлежащее техническое обслуживание оборудования, являющегося источником повышенного шума;
- виброуплотнение оборудования, особенно оборудования для измельчения и прессования;
- использование звукоизоляции вентиляторов и воздуходувок;
- применение низкооборотных вентиляторов;
- звукоизоляция окон и дверей;
- использование при строительстве и ремонте производственных помещений звукоизоляционных строительных материалов;
- проведение шумных работ только в дневное время.

5.3 Наилучшие доступные технологии производства керамических изделий по подотраслям

5.3.1 Производство кирпича

НДТ 9. Снижение потребления топлива в производстве керамического кирпича

НДТ 9 «Снижение потребления топлива в производстве керамических изделий» для производства керамического кирпича соответствует технологический показатель, представленный в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Удельное потребление энергии при производстве керамического кирпича

Технологический показатель	Единица измерения	Значение (диапазон)
Удельное потребление энергии при производстве керамического кирпича	ГДж/т продукции	≤ 3,0

Указанный в таблице 5.3.1 технологический показатель не распространяется на предприятия по производству керамического кирпича мощностью меньше 150 тыс. тонн кирпича в год, предприятия по производству клинкера, при использовании камерных сушилок периодического действия, при использовании сырья с высоким содержанием карбонатных соединений и высоком содержании Al_2O_3, а также, где не предусмотрена тепловая блокировка печи и сушилки.

НДТ 10. Снижение выбросов загрязняющих веществ при обжиге кирпича

НДТ является снижение выбросов газообразных веществ (CO, NO_x, SO_2) с отходящими газами при обжиге кирпича путем оптимизации процесса обжига и введения кальцийсодержащих добавок (см. подраздел 3.2), а также других мер, если при этом не снижается качество продукции.

Технологические показатели НДТ 10 приведены в таблице 5.2. Эти показатели не распространяются на предприятия, использующие в производстве глины с высоким содержанием соединений серы (более 0,35% масс.), органических соединений, а также на которых выпускается поризованный камень, для чего в состав шихты вводятся в значительных количествах (более 15 % по объёму) выгорающие добавки природного происхождения (опилки).

Таблица 5.2 — Технологические показатели НДТ снижения выбросов загрязняющих веществ при обжиге керамического кирпича (НДТ 10)

Технологические показатели: удельные выбросы ЗВ при обжиге кирпича	Единица измерения	Значение (диапазон)
CO	кг/т продукции	≤ 0,8
NO_x (в пересчете на NO_2)	кг/т продукции	≤ 0,5
SO_2	кг/т продукции	≤ 0,2

5.3.2 Производство керамической плитки

НДТ 11. Снижение потребления топлива в производстве керамической плитки

НДТ 11 «Снижение потребления топлива в производстве керамических изделий» для производства керамической плитки соответствует технологический параметр, представленный в таблице 5.3.

Таблица 5.3 — Удельное потребление энергии при производстве керамической плитки

Технологический показатель	Единица измерения	Значение (диапазон)
Удельное потребление энергии при производстве керамической плитки	ГДж/т продукции	≤ 8,5

НДТ 12. Снижение выбросов загрязняющих веществ при обжиге керамической плитки

НДТ является снижение выбросов загрязняющих веществ (CO, NO_x,SO_2) с отходящими газами путем оптимизации процесса обжига (см. подразделы 3.2 и 5.2.2); технологические показатели приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 — Технологические показатели НДТ снижения выбросов загрязняющих веществ при обжиге керамической плитки (НДТ 12)

Технологический показатель: удельные выбросы ЗВ	Единица измерения	Значение (диапазон)
CO	кг/т продукции	≤ 1,5
NO_x (в пересчете на NO_2)	кг/т продукции	≤ 0,8
SO_2	кг/т продукции	≤ 0,2

НДТ 13. Повторное использование производственных сточных вод в производстве керамической плитки

НДТ 13 в производстве плитки считается повторное использование производственных сточных вод после их очистки путём организации водооборота. Степень рециркуляции воды может достигать 90 % (без учёта испарения).

НДТ 14. Повторное использование шлама, образующегося в системе очистки производственных сточных вод

Численный показатель НДТ 14 — повторное использование шлама, образующегося при очистке производственных сточных вод, в составе формовочной массы в количестве 0,4 % — 1,5 % сухого шлама.

5.3.3 Производство огнеупоров

НДТ 15. Снижение потребления топлива в производстве огнеупоров

НДТ является снижение потребления энергии путем использования применимых к технологии производства огнеупоров решений, описанных в разделе 5.2. Технологические параметры приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 — Удельное потребление энергии при производстве огнеупоров

Технологический показатель	Единица измерения	Значение
Удельное потребление энергии при производстве магнезиальных огнеупоров	ГДж/т продукции	≤ 12
Удельное потребление энергии при производстве шамотных огнеупоров	ГДж/т продукции	≤ 7
Удельное потребление энергии при производстве динасовых огнеупоров	ГДж/т продукции	≤ 4

5.3.4 Производство санитарно-технических изделий

НДТ 16. Снижение потребления топлива в производстве санитарно-технических изделий

НДТ является снижение потребления энергии путем использования применимых к технологии производства санитарно-технических изделий решений, описанных в разделе 5.2. Технологические параметры приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 — Удельное потребление энергии при производстве санитарно-технических изделий

Технологический показатель	Единица измерения	Значение (диапазон)
Удельное потребление энергии при производстве санитарно-технических изделий	ГДж/т продукции	≤ 35

НДТ 17. Повторное использование производственных сточных вод в производстве санитарно-технических изделий

НДТ в производстве санитарно-технических изделий считается повторное использование сточных вод в объеме 30 % — 50 % от их общего количества путем применения мер, описанных в подразделах 2.5 и 5.2.

НДТ 18. Минимизация производственных отходов в производстве санитарно-технических изделий

НДТ в производстве санитарно-технических изделий считается уменьшение производственных отходов в виде отработанных гипсовых форм путем:

- замены гипсовых форм полимерными;
- применения вакуумных гипсомешалок;
- повторного использования отработанных гипсовых форм в других отраслях промышленности (производстве цемента).

5.3.5 Производство посуды

НДТ 19. Снижение потребления топлива в производстве посуды

НДТ является снижение потребления энергии путем использования применимых к технологии производства посуды решений, описанных в разделе 5.2. Технологические параметры приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 — Удельное потребление энергии при производстве посуды

Технологический показатель	Единица измерения	Значение (диапазон)
Удельное потребление энергии при производстве посуды	ГДж/т продукции	≤ 50

5.3.6 Производство изоляторов

НДТ 20. Снижение потребления топлива в производстве изоляторов

НДТ является снижение потребления энергии путем использования применимых к технологии производства изоляторов решений, описанных в 5.2. Технологические параметры приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 — Удельное потребление энергии при производстве изоляторов

Технологический показатель	Единица измерения	Значение (диапазон)
Удельное потребление энергии при производстве изоляторов	ГДж/т продукции	≤ 25

Раздел 6. Экономические аспекты реализации наилучших доступных технологий

Представленные в таблице 6.1 данные взяты из открытых источников и методических документов, подготовленных в ЕС [80], [156].

Оборудование для производства керамических строительных материалов на российском рынке предлагает целый ряд компаний, однако на сайтах этих компаний сведения о ценах (как заводов под ключ, так и отдельных установок) не приводятся.

Данные, содержащиеся в данном разделе, представляют собой приблизительную оценку затрат на внедрение ряда наилучших доступных технологий, описанных в разделе 5, на крупном предприятии по производству керамических изделий (см. таблицу 6.1).

Точная оценка затруднена в связи с высокой волатильностью курса валют и отсутствием надежных данных от представителей российской промышленности.

Таблица 6.1 — Затраты на внедрение НДТ

Наименование НДТ	Затраты, тыс. руб.
1 Внедрение систем менеджмента	
1.1 Предварительная стадия (в том числе обучение специалистов-менеджеров, оценка исходной ситуации для внедрения)	>250
1.2 Разработка системы	>500
1.3 Внедрение системы	>500
1.4 Сертификация системы	>50
2 Снижение выбросов пыли в производстве керамических изделий и загрязняющих веществ с отходящими газами при обжиге керамических изделий	
2.1 Удаление пыли	
2.1.1 Рукавный фильтр	250–800
2.1.2 Централизованный вакуумный пылеуловитель	1800–4000
2.1.3 Система очистки печных вагонеток	2500–4000

Приведенные в таблице количественные данные следует рассматривать как ориентировочные и их не следует использовать в тех случаях, когда существуют основания для более точных оценок (например, представленные сметы на закупку оборудования по пыле- и газоочистке).

Дополнительные сведения о ряде подотраслей керамической промышленности, преимущественно стран ЕС, за последние десять лет (с 2005 года), полученные членами ТРГ-4 в ходе разработки настоящего справочника НДТ в ходе переговоров с представителями различных компаний, позволяют провести консервативную оценку стоимости проектов площадок ряда керамических производств, представленных в таблице 6.2.

Таблица 6.2 — Стоимость проектов производственных площадок

Подотрасль производства керамических изделий	Производительность площадки	Стоимость, валюта	Примечания
Кирпич и камень керамический	60–63 млн шт./год	13,2–15,7 млн евро	В стоимость включены проектирование, основное оборудование, шеф-монтаж
Плитка керамическая	2,5 млн $м^2$/год	16 млн евро	
Санитарно-технические изделия из керамики	500 тыс. изд./год	8,3–10,7 млн евро	В стоимость включены проектирование, основное оборудование, шеф-монтаж
Посуда и декоративные изделия (фарфор)	300 т/год	14 млн евро	В стоимость включены все опции, включая шеф-монтаж и разработку дизайна продукции

Дополнительные оценки можно провести в ходе выполнения пилотных проектов в сфере НДТ в Российской Федерации. Такие проекты непременно должны осуществляться при поддержке и активном участии ведущих ассоциаций производителей керамических изделий.

Раздел 7. Перспективные технологии производства керамики

Оценка перспективных технологий, которые могут рассматриваться как потенциальные НДТ, проведена специалистами в химической технологии керамики с использо-

ванием отечественных и зарубежных источников информации, прежде всего научно-технической, основными из которых являются справочник ЕС [80] и энциклопедии по технологии производства различных видов керамики [91], [100]. Предлагаемые технологии разделены на две группы: технические решения и технологические подходы.

7.1 Системы энергетического менеджмента

С 1970-х годов в различных государствах были разработаны национальные стандарты в области систем энергетического менеджмента (СЭнМ). В 2011 году опубликован международный стандарт ISO 50001:2011 [160], а в 2012 году — ГОСТ Р ИСО 50001—2012 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» [161].

СЭнМ представляет собой часть системы менеджмента организации и включает набор (совокупность) взаимосвязанных или взаимодействующих элементов, используемых для разработки и внедрения энергетической политики и энергетических целей, а также процессов и процедур для достижения этих целей [161].

СЭнМ позволяет сформулировать обоснованные цели и задачи в области повышения эффективности использования энергии на предприятии и обеспечить их достижение (решение) путем реализации программ, охватывающих все стадии производственного процесса — от планирования закупок оборудования до организации отгрузки готовой продукции. Следует отметить, что в соответствии со статьей 28.4 Федерального закона № 219-ФЗ [152] «применение ресурсо- и энергосберегающих методов» отнесено к ключевым критериям «достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучшей доступной технологии».

Для энергоемких отраслей, к которым относится и производство керамических изделий, значимость систем энергетического менеджмента весьма высока.

С точки зрения НДТ основные численные показатели обычно представляют как удельное потребление энергии (в расчете на единицу продукции) как на отдельных стадиях (наиболее энергоемких), так и в процессе производства в целом. Именно в размерности сокращения удельных затрат энергии топлива, пара, электроэнергии и др. обычно ставятся цели и задачи повышения энергоэффективности, потенциально важные для обеспечения соответствия предприятий НДТ.

В связи с тем, что для постановки и проверки выполнения задач СЭнМ необходимо обеспечить мониторинг и измерение показателей, связанных с потреблением и использованием энергии, разработка программ энергетического менеджмента предпо-

лагает и совершенствование практики учета и контроля, включая выбор, обоснование и организацию измерений ключевых параметров.

Особенности российского климата (в том числе и региональные) определяют достаточно существенные отличия в потреблении энергии, необходимой для подготовки сырья, материалов, отопления производственных помещений, от показателей, характерных, например, для средиземноморских компаний, выпускающих керамические изделия. Но для постановки обоснованных целей и задач в области повышения энергоэффективности производства необходимо четко знать и документировать распределение потребления энергии на различные нужды.

В общем случае в состав СЭнМ входят следующие взаимосвязанные элементы:

- энергетическая политика;
- планирование (цели, задачи, мероприятия), программа СЭнМ;
- внедрение и функционирование, управление операциями;
- взаимодействие и обмен информацией;
- мотивация персонала;
- подготовка и обучение персонала;
- внутренний аудит СЭнМ;
- анализ и оценка СЭнМ руководством организации.

Действенность СЭнМ обеспечивается путем разработки, внедрения и соблюдения основных процедур, т. е. способов (в том числе документированных) осуществления действия или процесса

В связи с тем, что воздействие предприятий по производству керамических изделий в значительной степени обусловлено именно высокой энергоемкостью технологических процессов, системы энергетического менеджмента могут стать как инструментами повышения энергоэффективности, так и инструментами сокращения негативного воздействия на ОС. Такая позиция согласуется и с рекомендациями, применяемыми в этой отрасли и за рубежом.

7.2 Перспективные технологические и технические решения в производстве изделий из керамики

7.2.1 Использование цифровых технологий для проектирования и производства керамики

Под цифровыми технологиями понимают проектные и технологические операции с применением специальных компьютерных программ и оборудования.

Проектирование с использованием специальных компьютерных программ позволяет не только сократить цикл проектирования продукта, но избавиться от лишних технологических операций (например, изготовление черновых моделей для изготовления формующей оснастки), экономит ресурсы за счет оптимизации формы заготовок и сокращает количество брака.

Применение проектирования с использованием специальных компьютерных программ особенно важно там, где идет речь о широком ассортименте продукции (производство посуды), изготовлении массивных изделий (производство санитарно-технической керамики и огнеупоров) и высокотехнологичных дорогостоящих изделий (производство специальных изделий технической керамики). В целом это отвечает задаче модификации формы заготовок, упомянутой в разделах 3 и 5.

Цифровые технологии в виде программ и оборудования для быстрого прототипирования (использование фрезерных станков с ЧПУ и 3D-принтеров) позволяют изготавливать формовочную оснастку (модели, капы и формы), затрачивая меньше материалов (гипса и пластмасс) и энергии.

Использование принтеров цифровой печати вместо декорирования способом шелкографии и ротационной печати (ротоколор и флексографии) позволит унифицировать выпуск продукции точно заданного цветового оттенка (без изменения оттенка продукции от партии к партии при нанесении дизайна шелкографией или ротоколором), исключить трудозатраты на приготовление и поддержание рабочих параметров мастик (керамических красок для ротоколоров на основе полигликолей и искусственных красителей), повысить производительность участка декорирования и значительно улучшить качество (разрешение, цветовой спектр) наносимых дизайнов [162].

7.2.2 Применение трубчатых излучательных горелок

Уменьшение содержания водяного пара в топочных газах обычно приводит к снижению уровня выбросов связанного фтора, поскольку в основе его высвобождения из глинистых минералов лежит процесс пирогидролиза, протекающий при температуре выше 800 °С.

По результатам лабораторных исследований установлено, что снижение содержания влаги в атмосфере в печи действительно приводит к уменьшению выбросов HF и SO_x. На практике добиться снижения содержания влаги технически сложно по причине того, что вода является продуктом сгорания ископаемого топлива при обогреве печи. Избежать ее образования можно путем непрямого обогрева печи при помощи газовых трубчатых излучательных горелок.

Применяемые при производстве керамических изделий трубчатые излучательные горелки изготавливают из карбида кремния с высокой теплопроводностью и стойкостью к термоудару в условиях резкого изменения температуры. В оборудованной такими горелками печи происходит непрямой нагрев изделий (за исключением зоны предподогрева), а факел горелки заключен в термостойкую трубку, где протекает сгорание топлива. Перенос тепла от горелки происходит преимущественно за счет излучения, соответствующая энергия теплового потока находится в интервале 70–120 кВт/м^2.

Такие горелки могут найти применение при производстве керамической плитки, посуды, санитарно-технических изделий, технической керамики, однако масштабы производства кирпича и огнеупоров слишком велики для их внедрения. По результатам проектных работ подобными горелками можно оснащать роликовые печи и печи с выкатным подом, хотя для туннельных печей эта технология еще не опробована.

7.2.3 Применение горелок с низким выделением NO_x

Оксиды азота (NO, NO_2) образуются при обжиге керамических изделий, в частности огнеупоров, при температуре выше 1300 °С. Выбросы этих загрязняющих веществ можно свести к минимуму путем применения специальных горелок с пониженным выделением NO_x, которые дают возможность снизить температуру пламени и тем самым уменьшить образование оксидов азота при горении и (до некоторой степени) из топлива. Снижение выделения NO_x достигается за счет подачи воздуха для понижения температуры пламени или работы горелок в импульсном режиме. Применение таких горелок не создает дополнительную нагрузку на окружающую среду.

Возможность применения и производительность горелок с низким выделением NO_x определяется рядом факторов, в частности предельной температурой обжига. Сообщается, что при температурах выше 1400 °С такие горелки недостаточно эффективны. Кроме того, возможность применения таких горелок может ограничиваться требованиями к качеству готовой продукции.

7.2.4 Применение сушил с контролируемой влажностью теплоносителя

Такие сушила, как правило, периодического действия (камерные). Данный способ сушки основан на поддержании влажности воздуха в камере значительно ниже точки насыщения, благодаря чему происходит удаление влаги из заготовок без повышения температуры. Для сохранения эффекта водяной пар необходимо постоянно

удалять из камеры, чего обычно достигают путем пропускания воздуха через охлаждаемый конденсатор.

Подобные устройства должны быть полностью герметичными во избежание попадания влажного воздуха извне и обычно оснащаются программируемыми устройствами контроля влажности для оптимизации процесса. Они имеют ограниченный объем, однако удобны для изделий из масс с повышенной чувствительностью к сушке, сложной формы и т. д. При использовании этого способа единственным видом эмиссий является вода в жидком состоянии. Данный способ многократно увеличивает продолжительность сушки и не может быть применен при производстве строительной керамики.

Другой способ предполагает подачу насыщенного пара в туннельные сушила. На протяжении таких паровых сушил появляются участки с различной влажностью воздуха, что обеспечивает контролируемую сушку.

7.2.5 Применение туннельных печей с движущимся подом

Эти печи также служат для скоростного обжига и действуют по тому же принципу, что и роликовые (см. подраздел 2.1.3.7.2). Основное их отличие сводится к тому, что садку размещают на огнеупорных «тележках», двигающихся по проложенным вне рабочего пространства печи рельсам. В туннельных печах с движущимся подом можно обжигать изделия различной, в том числе неправильной, формы.

7.2.6 Сушка и обжиг СВЧ-излучением

Обжиг или спекание керамических заготовок — основные этапы технологического процесса. Большая масса садки и использование крупных печных вагонеток затрудняют перенос тепла в середину садки и вглубь заготовок (например, кирпича). Температура на поверхности изделий оказывается выше, чем в центре заготовки или садки, и этот температурный градиент может привести к появлению термических напряжений и образованию брака.

Перспективы применения энергии СВЧ-колебаний для обжига были тщательно проанализированы специалистами государств — членов ЕС. В процессе такого обжига происходит непосредственный нагрев изделий, захватывающий их внутренние слои. Во избежание избыточных потерь тепла на прогрев печи энергию СВЧ-колебаний применяли совместно с традиционными способами обогрева (газом, электроэнергией).

Перед полномасштабным внедрением СВЧ-обжига в производство необходимо решить ряд технических проблем, касающихся безопасности и сравнительно высокого

потребления электроэнергии. Тем не менее результаты проведенных экспериментов указывают на большое число возможных преимуществ применения этой технологии:

- понижение термических напряжений в процессе обжига;

- сокращение продолжительности обжига за счет существенного увеличения пропускной способности печи;

- уменьшение энергопотребления при обжиге, хотя при этом также снижается доля избыточного тепла, отводимого на сушку;

- уменьшение количества твердых отходов производства и величины технологических потерь;

- повышение качества продукции, в первую очередь ее механических свойств;

- более активное удаление связки (для огнеупоров);

- уменьшение выбросов за счет снижения энергопотребления и более высокого выхода годной продукции.

Энергия СВЧ-колебаний может найти применение и для сушки керамических заготовок (см. подраздел 2.1.3.5). Достоинства и недостатки данного способа, перечисленные для обжига, сохраняются и при сушке изделий в микроволновых печах. По результатам исследований, СВЧ-излучением можно сушить только тонкостенные изделия, для изделий сложной формы такая сушка неприменима.

7.2.7 Использование бессвинцовых глазурей для столового фарфора высокого качества

Традиционно для производства столового фарфора высокого качества применяют преимущественно свинцовые глазури. К числу их достоинств можно отнести высокое качество поверхности и простоту применения, в частности, благодаря характерной для таких глазурей плавкости и высокой смачивающей способности.

Производителями посуды разработаны составы бессвинцовых глазурей на основе боросиликатов щелочных металлов, по качеству и свойствам не уступающие свинцовым, что дает возможность уменьшить потребление оксида свинца. Данную технологию применяют при производстве столового фарфора высокого качества. Ее применение для производства полноцветных изделий с подглазурным рисунком пока невозможно либо требует дополнительных инвестиций.

Глазури наносят методом влажного распыления, используя суспензии со специально подобранными реологическими свойствами. Сточные воды с узла глазурования (излишки глазури, промывочные воды), а также глазурную пыль из сепаратора сухой очистки перерабатывают и подают в процесс вместе со свежей глазурью. Применение

замкнутого цикла дает возможность оптимизировать подачу глазури благодаря уменьшению потерь. Последующие процессы термообработки (сушка и обжиг) также могут быть скорректированы и оптимизированы для глазурей нового типа.

При нанесении простых рисунков дополнительный обжиг не требуется, их вжигают вместе с глазурью подглазурным способом. Сложные, цветные над- и внутриглазурные рисунки вжигают отдельно.

При внедрении бессвинцовых глазурей повышается расход энергии на переработку сточных вод с участка глазурования и извлечения глазурей. Использование минимального количества вспомогательных веществ органической природы позволяет в значительной мере избежать выбросов органических веществ в процессе обжига.

7.2.8 Внедрение современных систем очистки сточных вод, включающих извлечение глазурей

Подробную информацию по этому вопросу можно найти в справочнике НДТ «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях» [163]. В связи с тем, что составители справочника НДТ не располагали надежной информацией о числе предприятий различных подотраслей производства керамических изделий, где внедрены описанные ниже решения, основные технические и технологические решения по очистке производственных сточных вод отнесены к перспективным.

Гомогенизация (усреднение). Усреднители служат для обеспечения постоянства состава очищаемой воды и устранения, насколько возможно, проблем, связанных с его колебаниями. Применение усреднителей повышает эффективность любой последующей обработки стоков, поскольку большая однородность упрощает контроль за распределением вводимых агентов и протеканием процесса.

Аэрация — физический процесс, который часто применяют при различных видах водоподготовки, в частности для окисления частиц с целью облегчить их последующую флокуляцию, насыщения содержащихся в сточных водах органических веществ кислородом, устранения запахов и др. Аэрационные установки включают поверхностные мешалки и турбины.

Седиментация (осаждение) — процесс неполного выделения твердых частиц из жидкости под действием силы тяжести. Существуют различные типы отстойников: прямоугольные, круглые, трубчатые и пластинчатые.

Фильтрация — выделение взвешенных твердых частиц из жидкости путем пропускания суспензии через пористую среду, которая удерживала бы твердые частицы и

обеспечивала свободное протекание жидкости. В производстве керамических изделий применяют погружные фильтры, фильтр-прессы, центробежные вакуумфильтры.

Адсорбция на активированном угле. Данный способ очистки сточных вод основан на способности углей прочно захватывать содержащиеся в воде молекулы органических соединений и пригоден для удаления бионеразлагаемых органических веществ.

Химическое осаждение — способ удаления растворенных в воде элементов путем их осаждения в виде нерастворимых соединений при обработке специальными реагентами (известью).

Коагуляция и флокуляция. Этот способ обработки дает возможность разрушить коллоидные суспензии и вызвать агломерацию частиц за счет введения квасцов, полиэлектролитов и (или) сочетания извести и солей металлов.

Ионный обмен и обратный осмос. Такие способы обработки позволяют выделить бор из промывочных вод, поступающих с участков глазурования и декорирования. Обратный осмос также применяют для уменьшения объема сбрасываемых сточных вод.

Применение рассматриваемых решений влечет за собой необходимость уничтожения осадков, образующихся при отстаивании (фильтрации), если их повторное использование невозможно (в частности, при обработке сточных вод реагентами).

Существуют также и современные подходы, которые позволяют интенсифицировать процесс очистки сточных вод, например, с применением ультразвуковых установок и эффекта кавитации, а также новых видов адсорбентов и (или) реагентов.

Системы очистки производственных сточных вод можно применять во всех отраслях производства керамических изделий, однако при этом следует учитывать характер решаемой задачи:

- если сточные воды предполагается возвращать в процесс массоподготовки, их очистка в принципе не требуется, однако для сохранения постоянных параметров необходим усреднитель;

- если предполагается повторное использование воды в целях промывки, уровень ее подготовки должен быть выше, поэтому требуется отстаивание (седиментация) с последующей аэрацией, а также, при необходимости, химической обработкой для устранения запахов;

- к избыточным сточным водам, переработка которых производится на стороне, обычно применяют сочетание гомогенизации, флокуляции, седиментации и фильтрации. Для уменьшения объема сточные воды также подвергают обратному осмосу.

При прочих равных условиях возврат очищенной воды дает возможность экономить на использовании свежей. Сочетание мер по рециркуляции/рекуперации сточных вод и по оптимизации производственного процесса с целью минимизации водопотребления позволяет уменьшить затраты на обращение с образующимися в процессе очистки сточных вод отходами.

Заключительные положения и рекомендации

Справочник НДТ «Производство керамических изделий» подготовлен ТРГ-4. Наиболее активное участие в работе на производственных площадках, сборе, анализе и систематизации информации, а также в написании текста справочника НДТ и его обсуждении приняли специалисты следующих организаций:

- Ассоциация производителей керамических материалов;
- Ассоциация производителей огнеупоров «Огнеупорпром»;
- Ассоциация производителей керамических стеновых материалов;
- ООО «Группа «Магнезит»;
- ЗАО «Кировская керамика»;
- ЛСР — Стеновые — М;
- Национальное партнерство ассоциаций и союзов предприятий промышленности строительных материалов;
- ОАО «НЕФРИТ-КЕРАМИКА»;
- ОАО «Эстима»;
- ООО «Винербергер Кирпич»;
- ООО «Майертон»;
- ПК «Дулевский фарфор»;
- Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева;
- Управление Росприроднадзора по Владимирской области;
- Центр экологического аудита и менеджмента (г. Томск).

При подготовке справочника НДТ были использованы материалы, полученные от российских производителей керамических изделий в ходе обмена информацией, организованного Бюро НДТ в 2015 году. При обсуждении предварительных версий разделов справочника НДТ представители профильных ассоциаций и предприятий высказали ценные замечания и предоставили дополнительные материалы. Кроме того, составители справочника НДТ учитывали результаты отечественных научно-исследовательских и диссертационных работ, маркетинговых исследований, а также российских и международных проектов, выполненных в России в 2007–2015 годах.

При написании справочника НДТ были использованы также зарубежные материалы: справочный документ по НДТ, выпущенный в ЕС в 2007 году, отраслевые руководства, обзоры и статьи, опубликованные в последние годы.

Общее заключение, которое можно сделать в результате подготовки данного справочника, состоит в том, что ведущие отечественные компании активно занимаются внедрением современных технологических процессов и оборудования, разрабатывают программы повышения энергоэффективности и экологической результативности производства. Однако цели, задачи и ожидаемые результаты перехода к технологическому нормированию на основе наилучших доступных технологий руководители предприятий понимают и оценивают по-разному. Ожидания промышленников связаны с уменьшением административной нагрузки и упрощением системы государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды, опасения — с неопределенным порядком правоприменения и вероятностью установления недостижимых технологических нормативов. По всей вероятности, отказ большинства производителей керамических изделий от участия в обмене информацией и от предоставления необходимых для разработки справочника НДТ сведений вызван именно опасениями руководителей предприятий и их неготовностью к переменам.

Рекомендации составителей справочника НДТ основаны на сделанном заключении:

1. Для продвижения идеи перехода к наилучшим доступным технологиям необходимо организовать масштабную информационно-просветительскую кампанию и систему подготовки (повышения квалификации, дополнительного профессионального образования) кадров. Обсуждение сути перемен призвано подготовить к ним предприятия и разъяснить основные мотивы и стимулы экологической модернизации отечественной экономики.

2. Определенные составителями справочника НДТ наилучшие доступные технологии и технологические показатели могут и должны быть в ближайшее время уточнены при участии российских промышленников. Для этого необходимо привлечь их внимание при поддержке профильных ассоциаций, центров стандартизации и метрологии, а также управлений Росприроднадзора по субъектам федерации, высших учебных заведений, консультационных компаний, проектных и других организаций.

3. Действенным инструментом актуализации справочника НДТ могут и должны стать пилотные проекты, к участию в которых необходимо привлечь не только 5–10 ведущих компаний, но и представителей всех предприятий по производству керами-

ческих изделий (на уровне предоставления данных, посещения промплощадок, консультаций с составителями справочника).

4. В ходе выполнения пилотных проектов целесообразно уделить серьезное внимание вопросу совершенствования практики производственного экологического контроля и организации измерений ключевых технологических показателей.

5. В результате постановки предприятий на учет и выполнения пилотных проектов, по всей вероятности, могут быть уточнены критерии отнесения предприятий по производству керамических изделий к объектам I и II категорий. Тем не менее программы, направленные на совершенствование ресурсоэффективности и экологической результативности с учетом сведений, систематизированных в информационно-техническом справочнике, целесообразно разрабатывать и реализовывать как в крупнейших компаниях, так и на сравнительно небольших, но экологически ответственных заводах.

Процесс совершенствования справочника НДТ должен отражать принцип последовательного улучшения — основной принцип современных систем менеджмента. Составители справочника НДТ «Производство керамических изделий» надеются, что коллеги готовы разделить эту позицию и поддержать совершенствование документа и продвижение наилучших доступных технологий в отечественном производстве керамических изделий.

Приложение А
(обязательное)

Коды ОКПД 2 и ОКВЭД, соответствующие области применения справочника НДТ

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
Раздел С. Продукция обрабатывающих производств	23. Продукты минеральные неметаллические прочие	23.2	Изделия огнеупорные	26. Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	26.2 — Производство керамических изделий, кроме используемых в строительстве
		23.20	Изделия огнеупорные		26.21 Производство хозяйственных и декоративных керамических изделий
		23.20.1	Изделия огнеупорные		26.22 Производство керамических санитарно-технических изделий

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.20.11	Кирпичи, блоки, плитки и прочие керамические изделия из кремнеземистой каменной муки или диатомитовых земель		26.23 Производство керамических электроизоляторов и изолирующей арматуры
		23.20.11.110	Кирпичи огнеупорные из кремнеземистой каменной муки или диатомитовых земель		26.24 Производство прочих технических керамических изделий
		23.20.11.120	Блоки огнеупорные из кремнеземистой каменной муки или диатомитовых земель		26.25 Производство прочих керамических изделий
		23.20.11.130	Плитки огнеупорные из кремнеземистой каменной муки или диатомитовых земель		26.26 Производство огнеупоров

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.20.11.190	Изделия огнеупорные прочие из кремнеземистой каменной муки или диатомитовых земель		
		23.20.14	Изделия огнеупорные безобжиговые и прочие огнеупорные керамические изделия		26.3 Производство керамических плиток и плит
		23.20.14.190	Изделия огнеупорные керамические прочие		26.30 Производство керамических плиток и плит
		23.3	Материалы керамические строительные		26.4 Производство кирпича, черепицы и прочих строительных изделий из обожженной глины

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.31	Плиты и плитки керамические		26.40 Производство кирпича, черепицы и прочих строительных изделий из обожженной глины
		23.31.1	Плиты и плитки керамические		
		23.31.10	Плиты и плитки керамические		
		23.31.10.110	Плиты керамические		
		23.31.10.120	Плитки керамические		
		23.31.10.121	Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен		
		23.31.10.122	Плитки керамические для полов		
		23.31.10.123	Плитки керамические фасадные и ковры из них		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.31.10.124	Плитки кислотоупорные и термокислотоупорные керамические		
		23.31.10.129	Плитки керамические прочие		
		23.32	Кирпичи, черепица и изделия строительные из обожженной глины		
		23.32.1	Кирпичи, черепица и изделия строительные из обожженной глины		
		23.32.11	Кирпич керамический неогнеупорный строительный, блоки керамические для полов, плитки керамические несущие или облицовочные и аналогичные изделия керамические		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.32.11.110	Кирпич керамический неогнеупорный строительный		
		23.32.11.120	Блоки керамические для полов		
		23.32.11.130	Плитки керамические несущие или облицовочные и аналогичные изделия керамические		
		23.32.12	Черепица кровельная, дефлекторы, зонты для дымовых труб, части дымоходов и вытяжных труб, украшения архитектурные и прочие изделия строительные керамические		
		23.32.12.110	Черепица кровельная керамическая		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.32.12.120	Дефлекторы, зонты для дымовых труб, детали дымоходов и вытяжных труб керамические		
		23.32.12.130	Украшения архитектурные керамические		
		23.32.12.190	Изделия строительные керамические прочие, не включенные в другие группировки		
		23.32.13	Трубы, трубопроводы изоляционные, водоотводы и фитинги труб керамические		
		23.32.13.110	Трубы керамические		
		23.32.13.111	Трубы керамические канализационные		
		23.32.13.112	Трубы керамические дренажные		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.32.13.119	Трубы керамические прочие		
		23.32.13.120	Трубопроводы изоляционные керамические		
		23.32.13.130	Водоотводы керамические		
		23.32.13.140	Фитинги труб керамические		
		23.4	Изделия фарфоровые и керамические прочие		
		23.41	Изделия керамические хозяйственные и декоративные		
		23.41.1	Изделия керамические хозяйственные и декоративные		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.41.12	Посуда столовая и кухонная, изделия хозяйственные и туалетные из керамики прочие, кроме фарфоровых		
		23.41.12.110	Посуда столовая и кухонная из керамики, кроме фарфоровой		
		23.41.12.120	Изделия хозяйственные из керамики, кроме фарфоровых		
		23.41.12.130	Изделия туалетные из керамики, кроме фарфоровых		
		23.41.13	Статуэтки и прочие декоративные изделия из керамики		
		23.41.13.110	Статуэтки из керамики		
		23.41.13.190	Изделия декоративные прочие из керамики		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.42	Изделия санитарно-технические из керамики		
		23.42.1	Изделия санитарно-технические из керамики		
		23.42.10	Изделия санитарно-технические из керамики		
		23.42.10.110	Ванны керамические		
		23.42.10.120	Умывальники керамические		
		23.42.10.130	Раковины керамические		
		23.42.10.140	Чаши керамические		
		23.42.10.150	Унитазы керамические		
		23.42.10.160	Писсуары керамические		
		23.42.10.170	Бачки смывные керамические		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.42.10.190	Изделия санитарно-технические прочие из керамики		
		23.43	Изоляторы электрические и арматура изолирующая из керамики		
		23.43.1	Изоляторы электрические из керамики; арматура изолирующая для электроаппаратуры и приборов из керамики		
		23.43.10	Изоляторы электрические из керамики; арматура изолирующая для электроаппаратуры и приборов из керамики		
		23.43.10.110	Изоляторы электрические из керамики		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.43.10.120	Арматура изолирующая для электроаппаратуры и приборов из керамики		
		23.44	Изделия технические прочие из керамики		
		23.44.1	Изделия технические прочие из керамики		
		23.44.12	Изделия керамические лабораторного, химического или прочего технического назначения, кроме фарфоровых, включая постоянные керамические и ферритовые магниты		
		23.44.12.110	Изделия керамические лабораторного и химического назначения, кроме фарфоровых		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.44.12.190	Изделия керамические прочего технического назначения, кроме фарфоровых		
		23.49	Изделия керамические прочие		
		23.49.1	Изделия керамические прочие		
		23.49.11	Изделия керамические, используемые в сельском хозяйстве и для транспортирования или упаковывания товаров		
		23.49.11.110	Изделия керамические, используемые в сельском хозяйстве		
		23.49.11.120	Изделия керамические, используемые для транспортирования или упаковывания товаров		

Раздел ОКПД 2	Код ОКПД 2	Подклассы ОКПД 2	Наименование продукции по ОКПД 2	Код ОКВЭД	ОКВЭД
		23.49.12	Изделия керамические нестроительные прочие, не включенные в другие группировки		
		23.49.12.000	Изделия керамические нестроительные прочие, не включенные в другие группировки		

Приложение Б
(обязательное)

Перечень маркерных загрязняющих веществ для атмосферного воздуха, характерных для производства керамических изделий

1) CO;
2) NO_x (в пересчете на NO_2);
3) SO_2 [1)].
4) Пыль (для операций, сопровождающихся значительным пылеобразованием)

При разработке справочника НДТ «Производство керамических изделий» идентификацию наиболее существенных для производства керамических изделий загрязняющих веществ проводили, следуя общему порядку определения НДТ, установленному Методическими рекомендациями по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии [146] с учётом таких факторов, как токсичность образующихся в технологических процессах ЗВ для человека, водных систем, их вклад в развитие процессов закисления и эвтрофикации водных объектов и почв, а также в общий поток выбросов парниковых газов на территории Российской Федерации.

[1)] Для предприятий, использующих сырье с высоким содержанием соединений серы.

Приложение В
(обязательное)

Перечень НДТ

№	Наименование НДТ
1	Системы экологического менеджмента и их инструменты
2	Снижение потребления топлива в производстве керамических изделий
3	Снижение выбросов пыли в производстве керамических изделий
4	Снижение выбросов загрязняющих веществ с отходящими газами при обжиге керамических изделий
5	Снижение количества производственных сточных вод при выпуске керамических изделий
6	Повторное использование шлама в производстве керамических изделий
7	Минимизация отходов производства и технологических потерь
8	Сокращение шумового воздействия производства керамических изделий
9	Снижение потребления топлива в производстве керамического кирпича
10	Снижение выбросов загрязняющих веществ при обжиге кирпича
11	Снижение потребления топлива в производстве керамической плитки
12	Снижение выбросов загрязняющих веществ при обжиге керамической плитки
13	Повторное использование производственных сточных вод в процессе производстве керамической плитки
14	Повторное использование шлама, образующегося в системе очистки производственных сточных вод
15	Снижение потребления топлива в производстве огнеупоров
16	Снижение потребления топлива в производстве санитарно-технических изделий
17	Повторное использование производственных сточных вод в процессе производстве санитарно-технических изделий
18	Минимизация производственных отходов в процессе производстве санитарно-технических изделий
19	Снижение потребления топлива в производстве посуды
20	Снижение потребления топлива в производстве изоляторов

Приложение Г
(обязательное)

Перечень технологических показателей

№ п/п	№ НДТ	Перечень технологических показателей		
		Описание	Численное значение	Применимость
1.	НДТ 3	Степень улавливания пыли, в технологических операциях производства керамических изделий, сопровождающихся значительным пылеобразованием,%	≤ 95,0	Применим для участков массоподготовки, послеобжиговой обработки изделий и др.
2.	НДТ 9	Удельное потребление энергии при производстве керамического кирпича, ГДж/т продукции	≤ 3,0	Не применим для предприятий мощностью менее 150 тыс. т/год, предприятий по производству клинкера, при использовании камерных сушилок, при использовании сырья с высоким содержанием карбонатных включений, и высоким содержанием Al_2O_3, а также где не предусмотрена тепловая блокировка печи и сушилки.

№ п/п	№ НДТ	Перечень технологических показателей		
		Описание	Численное значение	Применимость
3.	НДТ 10	Удельные выбросы ЗВ при обжиге кирпича, кг/т продукции		
		углерода монооксид, CO	≤ 0,8	Не применим для предприятий, использующих в составе масс значительное количество выгорающих добавок
		азота оксиды, в пересчёте на NO_2	≤ 0,5	
		серы диоксид, SO_2	≤ 0,2	Не применим для предприятий, изготавливающих продукцию из сырья с высоким содержанием соединений серы
4.	НДТ 11	Удельное потребление энергии при производстве керамической плитки, ГДж/т продукции	≤ 8,5	
5.	НДТ 12	Удельные выбросы ЗВ при обжиге керамической плитки, кг/т продукции		
		углерода монооксид, CO	≤ 1,5	
		азота оксиды, в пересчёте на NO_2	≤ 0,8	
		серы диоксид, SO_2	≤ 0,2	

№ п/п	№ НДТ	Перечень технологических показателей		
		Описание	Численное значение	Применимость
6.	НДТ 14	Повторное использование шлама, образующегося при очистке производственных сточных вод в производстве керамической плитки, %	0,4 –1,5	В составе формовочной массы сухого шлама
7.	НДТ 15	Удельное потребление энергии при производстве магнезиальных огнеупоров, ГДж/т продукции	≤ 12	
		Удельное потребление энергии при производстве шамотных огнеупоров, ГДж/т продукции	≤ 7	
		Удельное потребление энергии при производстве динасовых огнеупоров, ГДж/т продукции	≤ 4	
8.	НДТ 16	Удельное потребление энергии при производстве санитарно-технических изделий, ГДж/т продукции	≤ 35	
9.	НДТ 17	Повторное использование сточных вод в производстве санитарно-технический изделий из		

№ п/п	№ НДТ	Перечень технологических показателей		
		Описание	Численное значение	Применимость
		керамики, % от общего количества	30-50	
10.	НДТ 19	Удельное потребление энергии при производстве посуды, ГДж/т продукции	≤ 50	
11.	НДТ 20	Удельное потребление энергии при производстве изоляторов, ГДж/т продукции	≤ 25	

Приложение Д
(обязательное)

Энергоэффективность

1. Краткая характеристика отрасли с точки зрения ресурсо- и энергопотребления

В справочнике НДТ «Производство керамических изделий» энергоэффективность является ключевым критерием выбора НДТ, поскольку химико-технологические процессы производства керамики являются высокотемпературными, потребляют значительное количество топлива и сырьевых материалов и сопровождаются выбросами в воздух прежде всего продуктов сжигания топлива, т. е. именно высокотемпературными процессами обжига обусловлены основные факторы воздействия отрасли на ОС (см. раздел 3.1).

Среднее удельное энергопотребление по керамической промышленности РФ варьирует в зависимости от подотрасли и составляет от 2,6 ГДж/т (для кирпича) до 50 ГДж/т для керамической посуды. (см. раздел 3.1, таблица 3.1).

Глины являются главным, а в ряде случаев единственным компонентом формовочных масс в производстве керамического кирпича, плитки, шамотных огнеупоров, посуды, санитарно-технических изделий; в то же время, глины используют как добавку в технологии карбидкремниевых огнеупоров, муллитокорундовой, стеатитовой, форстеритовой, кордиеритовой и других видов керамики.

Выгорающие органические добавки (опилки, отходы целлюлозно-бумажного производства) и неорганические вспомогательные вещества (кизельгур, перлит) вводят в изделия для увеличения объема пор. Кроме того, введение в состав масс выгорающих добавок позволяет сократить расход ископаемого топлива (в подавляющем числе случаев – природного газа).

Керамическая плитка, хозяйственно-бытовая и санитарная керамика состоят главным образом из алюмосиликатов, основным компонентом сырьевых смесей при их производстве служат пластичные глины.

В состав сырьевых смесей для производства огнеупоров входят глина, шамот, некоторые природные минералы (кварцит, доломит, боксит, магнезит), а также искусственные материалы (корунд, карборунд и шпинель).

В качестве отощителей и плавней (последние предназначены для снижения температур спекания различных масс и растекания глазурей) широко применяют кварц, полевые шпаты, в некоторых случаях — мел, доломит, волластонит, стеатит и др.

Так называемую техническую керамику изготавливают из масс на основе искусственно получаемых оксидов и бескислородных соединений Al, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, W, Zr и других металлов.

Кроме перечисленных основных сырьевых материалов и вспомогательных веществ, для производства керамических изделий необходимы временные технологические связки, огнеприпас для обжига изделий, топливо. (см. раздел 2.1.1).

Учитывая вышеизложенное, приоритетами отрасли производства керамических изделий с точки зрения обеспечения высокой энергоэффективности производства становятся:

- внедрение новых энергоэффективных технологических способов и проектных решений;

- использование современного оборудования, прежде всего, печей и сушил, и его совершенствование;

- максимальное использование остаточного тепла печей (см. раздел 2.1.5)

2. Основные технологические процессы, связанные с использование энергии

Общее описание процесса производства керамических изделий приведено в разделе 2.1.2

Процессы, обусловливающие основное потребление энергии, отражены в разделах 2.1.3.2.5 (прокаливание), 2.1.3.5 (сушка), 2.1.3.7 (обжиг).

3. Уровни потребления

- удельный расход энергии на производство керамических изделий по подотраслям указан в разделах 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7.

- удельный расход сырьевых материалов на производство керамических изделий по подотраслям указан в разделах 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7

В результате проведения сравнительного анализа энергоёмкости отечественных и, в ряде случав, аналогичных зарубежных предприятий по производству керамических изделий установлены показатели удельного энергопотребления, которые следует рассматривать как соответствующие НДТ. Основная часть наилучших доступных технологий, описанных в разделе 5, относится к НДТ повышения энергоэффективности.

4. Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности и оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

Номер и наименование НДТ Раздел/пункт справочника

НДТ 2 Снижение потребления топлива в производстве керамических изделий Раздел 5.2.1

НДТ 9. Снижение потребления топлива в производстве керамического кирпича Раздел 5.3.1

НДТ 11. Снижение потребления топлива в производстве керамической плитки Раздел 5.3.2

НДТ 15. Снижение потребления топлива в производстве огнеупоров Раздел 5.3.3

НДТ 16. Снижение потребления топлива в производстве санитарно-технических изделий Раздел 5.3.4

НДТ 19. Снижение потребления топлива в производстве посуды Раздел 5.3.5

НДТ 20. Снижение потребления топлива в производстве изоляторов Раздел 5.3.6

5. Перспективные технологии, направленные на повышение энергоэффективности и оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

Системы энергетического менеджмента (см. раздел 7.1)

Применение трубчатых излучательных горелок (см. раздел 7.2.2)

Применением горелок с низким выделением NOx (см. раздел 7.2.3)

Применение сушил с контролируемой влажностью теплоносителя (см. раздел 7.2.4)

Сушка и обжиг СВЧ излучением (см. раздел 7.2.6)

Приложение Е
(справочное)

Перечень предприятий — членов Ассоциации производителей керамических материалов

1) ООО «Эстима Керамика» (группа компаний КЕРАТОН)
2) ЗАО «Керама Центр» (Kerama Marazzi)
3) United Minerals Group (ПАО «ВЕСКО»)
4) ЗАО «Новомосковский завод керамических материалов»
5) ООО «Шахтинская керамика»
6) ЗАО «Керамогранитный завод» (ИТАЛОН)
7) ОАО «Ревдинский керамический завод»
8) ООО «Верхневолжский кирпичный завод» (ВВКЗ)
9) ЗАО «Самарский комбинат керамических материалов»
10) ЗАО «Горковский кирпичный завод»
11) ООО «Кирпичный завод BRAER»
12) Группа компаний «Карьероуправление» (Томск)
13) Группа компаний TEREX
14) Завод строительной керамики «Кетра» (филиал ЗАО «ТУС»)
15) ЗАО «Керама-Пласт»
16) ЗАО «Норский керамический завод»
17) ЗАО «ПЕТРОКЕРАМИКА»
18) ООО «Сафоновский кирпичный завод №1»,
19) ЗАО «Фокинский комбинат строительных материалов»
20) ЗАО «ФОН» филиал «Ключищинская керамика» (КЛЮКЕР)
21) ООО «Пятый элемент»
22) ООО «Тербунский гончар»
23) ООО «Комбинат керамических изделий» г. Клинцы
24) Нижегородское ОАО «Керма»
25) ОАО «Гжельский кирпичный завод»,
26) ОАО «Голицынский керамический завод»,
27) ОАО «Мстёрский завод стеновых керамических материалов»
28) ОАО «Ново-Иерусалимский кирпичный завод»
29) ОАО «Новоорская керамика»

30) ООО «Алтайская керамика»
31) ООО «БалтКерамика»
32) ООО «Березниковский кирпичный завод»
33) ООО «Буйский КерамЗавод»
34) ООО «ВНИИСТРОМ «Научный центр керамики»
35) ООО «Грозненский завод строительной керамики»
36) ООО «Строительные инновации» (Каширский кирпичный завод)
37) ООО «Кемма»
38) ООО «Кирпичный завод «Ликолор»
39) ООО «Комбинат Строма»
40) ООО «Объединенные кирпичные заводы»
41) ООО «Пласт-Импульс» («Большая Карповка»)
42) ООО «Товарковская керамика»
43) ЗАО «Рязанский кирпичный завод»
44) Промышленная группа КИСЛОТОУПОР
45) ООО «Завод керамического кирпича» Римкер
46) ООО «Жилкапинвест»
47) «Маркинский кирпич» г. Ростов
48) ООО Кирпичный завод «ЛИКОЛОР»
49) ООО «Михневская керамика»
50) ООО «Белая Глина» (Талалаевское месторождение)
51) ОАО «Владимировский карьер тугоплавких глин»
52) ООО «Брик «С»

Приложение Ж

(справочное)

Перечень предприятий — членов Ассоциации производителей керамических стеновых материалов

1) ОАО «Победа ЛСР»
2) ООО «ЛСР. Стеновые-М»
3) ООО «ЛСР. Стеновые-СЗ»
4) ЗАО «Победа ЛСР»
5) ООО «Газстрой»
6) ООО «Винербергер Кирпич»
7) ООО «Винербергер Куркачи»
8) ЗАО «Норский керамический завод»
9) ЗАО «Рязанский кирпичный завод»
10) ОАО «Славянский кирпич», производство №1 (х. Галицын)
11) ОАО «Славянский кирпич», производство №2 (г. Славянск-на-Кубани)
12) ЗАО «Железногорский кирпичный завод»
13) ЗАО ФОН «Ключищинская керамика»
14) ЗАО «Клюкер»
15) ОАО «Керма»
16) ОАО «Тульский кирпичный завод»,
17) Объединение строительных материалов и бытовой техники
18) ООО «Комбинат Строма»
19) «СТРОЙПОЛИМЕРКЕРАМИКА»
20) Кирпичный завод АМСТРОН
21) ООО «Капитал-Инвест» г.Прохладный

Библиография

1. Горбунов А. В. Кирпич кирпичу рознь / Эксперт. — № 50 (832). — 17 декабря 2012 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru

2. Официальный сайт АПКСМ. [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

3. Захаров А. И., Бегак М. В. Программа гармонизации экологических стандартов как инструмент повышения эффективности производства строительной керамики // Строительные материалы. — 2009. — № 4. — С. 17–19.

4. Захаров А. И., Гусева Т. В., Вартанян М. А., Кастрицкая С. В., Молчанова Я. П., Аверочкин Е. М. Совершенствование энергоэффективности производства керамической плитки: сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта // Строительные материалы. — № 8. — 2013. — С. 41–43.

5. Кирпичный бюллетень. Итоги 2014 года. Информационно-аналитический центр СМ ПРО. Ассоциация производителей керамических материалов.

6. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Производство керамических изделий [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

7. ГОСТ Р 55646—2013 Ресурсосбережение. Производство кирпича и камня керамических. Руководство по применению наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности и экологической результативности.

8. Тимохин К., Кузнецов Д. Российский рынок керамической плитки: обзор, анализ и прогноз // Строительство.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru :ontent/topics/882.html.

9. Захаров А. И., Бегак М. В., Гусева Т. В., Вартанян М. А. Перспективы повышения энергетической и экологической результативности производства изделий из керамики // Стекло и керамика. — 2009. — № 10. — С. 19–25.

10. Материалы отраслевого информационного ресурса RosStroy.Info. [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

11. Ceramicnews. Новости строительства и керамики. 29 августа 2014 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

12. Исследование рынка керамической плитки. Июль 2015 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru _new/.

13. Russian Construction market: upturn in 2016 Tile International Batimat Russia&Coverings 2015.

14. Рынок керамической плитки растет // Обзор рынков. [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

15. Аверочкин Е. М. Инструменты экологического нормирования предприятий по производству керамических изделий (на примере национальных стандартов по наилучшим доступным технологиям) : дис. на соискание ученой степени к.т.н.: 05.17.11, 05.02.23. Рос. химико-технологич. ун-т.— Москва, 2015. — 17 с.

16. Горбунов Г. И., Звездин Д. Ф. Керамическая плитка. Технология производства и новые предложения // Российский химический журнал. — Том XLVII (2003). — № 4. — С. 55–60.

17. Гусева Т. В., Бегак М. В., Молчанова Я. П., Аверочкин Е. М., Вартанян М. А. Перспективы внедрения наилучших доступных технологий и перехода к комплексным экологическим разрешениям в производстве стекла и керамики // Стекло и керамика. — 2014. — № 7. — С. 26–36.

18. Годовой отчет ОАО «Первоуральский динасовый завод» за 2014 г. URL: gost.e-ecolog.ru

19. Аналитический доклад. Российское производство огнеупоров и высокотемпературных волокнистых теплоизоляционных материалов. 2009. URL: gost.e-ecolog.ru

20. Хорошавин Л. Б. Состояние и перспективы развития огнеупорной промышленности России. — 2008. — URL: gost.e-ecolog.ru

21. Ежеквартальный отчет ОАО «Комбинат «Магнезит» за 1 квартал 2011 г. С. 29–30.

22. Европейский рынок огнеупоров. Академия конъюнктуры промышленных рынков (АКПР). 2008. URL: gost.e-ecolog.ru

23. Смирнов А. Н. Основные тенденции развития рынка огнеупорных материалов и изделий в условиях трансформации требований металлургов к огнеупорной продукции // Сборник научных трудов «Современные огнеупоры: ресурсосбережение и применение в металлургических технологиях». — 2013. — Донецк : ДонНТУ. URL: gost.e-ecolog.ru

24. Мягков А. С. Перспективы развития Российских предприятий по производству огнеупоров // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2013. № 6 (54) [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru : с изм.

25. Отечественные производители на российском рынке санитарной керамики Стройка.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru

26. Рынок санфаянса на фоне строительного кризиса 25.08.2008 [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

27. Анализ рынка сантехники в России [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

28. Воротынский санфаянс [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

29. Официальный сайт ЗАО «УграКерам» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

30. Официальный сайт АО «Кировская керамика» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

31. Официальный сайт ООО «Самарский Стройфарфор» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

32. «Минстрой» Чувашии подвел итоги за 9 месяцев 2013 года [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

33. Официальный сайт ООО «КЕРАМИКА» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

34. Официальный сайт ООО «Ногинский стройфарфор» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

35. Официальный сайт ЗАО «Лобненский завод строительного фарфора» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

36. Российские производители санфаянса [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

37. Официальный сайт ОАО «Завод керамических изделий» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru .

38. Официальный сайт ОСМиБТ [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

39. «Стройфарфор» пополнил коллекцию активов группы ЛСР [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

40. Официальный сайт ЗАО «Завод «Стройфарфор» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

41. Группа ЛСР взяла Стройфарфор [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

42. Официальный сайт ОАО «Волгоградский керамический завод» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

43. «Универсал» покупает НЗКИ. Чтобы восстановить выпуск унитазов [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

44. Статистические данные и показатели. Основные итоги социально-экономического развития Черепановского района за 2014 год [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

45. Официальный сайт Roca — Россия [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

46. Анализ рынка фарфоровой посуды в России в 2008–2012 годах, прогноз на 2013–2017 годы // новыеформы.рф [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://новыеформы.рф.

47. Насонова И. С., Насонов С. М., Гольский И. А., Дворкин Г. Л. Марки советского фарфора, фаянса и майолики. 1917–1991 (в 2 т.). — М. : Изд-во «Среди коллекционеров», 2009. — 1-й том : 288 с.; 2-й том : 320 с.

48. Официальный сайт ООО «Башкирский фарфор» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

49. Официальный сайт АО «Гжельский фарфоровый завод». [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

50. Официальный сайт ПК «Дулевский фарфор» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

51. Официальный сайт ОАО «Императорский фарфоровый завод» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

52. Официальный сайт ЗАО «Кисловодский фарфор — ФЕНИКС» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

53. Официальный сайт ЗАО ООО ПКФ «Кубаньфарфор» [Электронный ресурс] Режим доступа gost.e-ecolog.ru

54. Официальный сайт «Мануфактуры Гарднеръ в Вербилках» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

55. Официальный сайт АО «НПО Синь России» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

56. Официальный сайт ООО «Фарфор Сысерти» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

57. Официальный сайт ЗАО «Южноуральский фарфор» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

58. Производство фарфора в России // FARFORINFO [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

59. Ежеквартальный отчет 1 квартал 2015 года ОАО «Гжельский завод Электроизолятор» [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru u/informacija/otobrazhenie-novosti/article/ezhekvartalnyi-otchjot-1-kvartal-2015-goda/.

60. Материалы Объединенного сайта производителей керамики [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

61. Государственные доклады о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа : gost.e-ecolog.ru

62. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году. — М. : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2012. — 353 с.

63. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 году. — М. : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2013. — 472 с.

64. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 году (проект). — М. : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2014. — 455 с.

65. Лыгина Т. З., Садыков Р. К., Корнилов А. В., Сенаторов П. П. Состояние производства стеновых керамических материалов в Российской Федерации // Строительные материалы, 2009. — № 4. — С. 10–11.

66. Гусева Т. В., Бегак М. В. Практические инструменты системы комплексных экологических разрешений: экологическая оценка, аудит и системы менеджмента // Труды международного экспертного семинара «Управление качеством атмосферного воздуха». — Одесса, 14–15 мая 2013 г. — С. 23–29.

67. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов (загрязняющих) веществ в атмосферу (дополненное и переработанное). — Санкт-Петербург: ОАО «НИИ Атмосфера», 2012. — 222 с.

68. Бюллетень № 20 по вопросам воздухоохранной деятельности (II квартал 2012 г.). — СПб. : НИИ Атмосфера, 2012. — С. 17–19

69. Справочник по удельным показателям выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для некоторых производств — основных источников загрязнения атмосферы / Науч.-исслед. ин-т охраны атмосфер. воздуха (НИИ Атмосфера), Метеорол. Синтезирующий Центр Восток/ЕМЕП (МСЦ-В). А. Н. Ясенский и др. — СПб., 2001. — 116 с.

70. Звягинцева О. Ю. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения г. Чита (Забайкальский край): автореферат дисс. … кандидата биологических наук : 03.02.08. — Бурят. гос. ун-т. — Чита, 2014. — 22 с.

71. Салякин И. Е. Оценка комфортности проживания населения на территории региона (на примере Владимирской области): автореферат дисс. … кандидата биологических наук : 03.02.08. — Владимир. гос. ун-т. Владимир, 2011. —23 с.

72. Олесова Л. Д. Эколого-биохимические аспекты влияния техногенного пылевого загрязнения на организм человека и животных: автореферат дис.... кандидата биологических наук : 03.02.08. — Сев.-Вост. федер. ун-т им. М. К. Аммосова. — Якутск, 2010. 22 с.

73. Кабаева И. В. Совершенствование методов расчета рассеивания пылевых выбросов предприятий стройиндустрии: автореферат дисс. … кандидата технических наук : 03.00.16. — Волгогр. гос. архитектур.-строит. акад. — Волгоград, 2007. — 19 с.

74. Шилов В. В. Повышение эффективности пульсационной технологии мокрой очистки вредных газовых выбросов предприятий стройиндустрии: автореферат дисс. … кандидата технических наук : 03.00.16. — Рост. гос. строит. ун-т. — Ростов-на-Дону, 2006. — 24 с.

75. Макарова И. В. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду при использовании отходов горнопромышленного комплекса в производстве силикатных материалов: автореферат дисс. … доктора технических наук : 03.00.16, 05.17.1. — Казан. гос. технол. ун-т. — Казань, 2005. — 39 с.

76. Сухих Ю. И. Гигиенические аспекты здоровья населения в условиях антропогенного загрязнения окружающей среды (на примере Томского района): автореферат дисс. … кандидата медицинских наук : 14.00.07. — Федер. науч. центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. — Москва, 2005. — 24 с.

77. Вольф Е. А. Совершенствование многофункционального экологоохранного электроуловителя для снижения вредных выбросов (Ni, Zn, Cr) в окружающую среду на предприятиях стройиндустрии: автореферат дисс. ... кандидата технических наук : 03.00.16. — Рост. гос. строит. ун-т. — Ростов-на-Дону, 2005. — 22 с.

78. Веселов А. В. Геоэкологические аспекты совершенствования технологии переработки гипсосодержащего сырья и повышения эффективности его использования: автореферат дисс. ... кандидата технических наук : 25.00.36. — Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. — Нижний Новгород, 2003. — 24 с.

79. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) // Official Journal of the European Union, 17.12.2010, P. L334/17-L334/119.

80. Reference Document on Best Available Techniques in Ceramic Manufacturing Industry. The European IPPC Bureau, 2007. URL:
gost.e-ecolog.ru
81. Захаров А. И., Гусева Т. В., Вартанян М. А. Энергетическая и экологическая эффективность производства керамических изделий. — М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2011. — 120 с.

82. Захаров А. И., Сивков С. П., Гусева Т. В. Отраслевые Справочные документы по НДТ: производство цемента и изделий из керамики // Наилучшие доступные технологии обеспечения энерго- и ресурсоэффективности. Программа сотрудничества ЕС — Россия. Проект «Гармонизация экологических стандартов II». — М. : ГТЦ, 2010. — С. 48–59.

83. Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Молчанова Я. П., Аверочкин Е. М. Энергетическая и экологическая эффективность производства строительных материалов // Компетентность. — 2011. — № 9/90/2011. — С. 32–41.

84. Химическая технология керамики / Под ред. И. Я. Гузмана. — М. : ООО РИФ «Стройматериалы», 2012. — 496 с.

85. Крупа А. А., Городов В. С. Химическая технология керамических материалов. — Киев : Высшая шк., 1990. — 399 с.

86. Салахов А. М., Салахова Р. А. Керамика для технологов. — Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2010. — 232 с.

87. Кульметьева В. Б., Порозова С. Е. Керамические материалы: получение, свойства, применение / Пермь : Изд-во Пермского гос. технического ун-та, 2009. — 236 с.

88. Кошляк Л. Л., Калиновский В. В. Производство изделий строительной керамики. — М. : Высшая школа, 1990. — 207 с.

89. Вакалова Т. В. и др. Управление качеством строительной и теплоизоляционной керамики путем проектирования состава масс // Строительные материалы. 2007. № 2. С. 27–30.

90. Лукин Е. С., Макаров Н. А., Вартанян М. А. и др. Оксидная керамика нового поколения и области ее применения // Стекло и керамика. — 2008. — № 10. — С. 27–31.

91. Phelps G. W., Wachtman J. B. Jr. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Ceramics, General Survey. Wiley-VCH Verlag GmbH, 2000. DOI: 10.1002/14356007.a06_001

92. Беляков А. В., Куфтырев Р. Ю., Кузнецова И. Г. Методы получения композиционных керамических материалов на основе AlN-BN (обзор) // Новые огнеупоры. — 2013. — № 4. — С. 61–69.

93. Никулин А. Д., Шмитько Е. И., Зуев Б. М. Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2004. — 333 с.

94. Баженов Ю. М. и др. Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий. — М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2005. — 472 с.

95. Севостьянов В. С. и др. Механическое оборудование производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий. — М. : Инфра-М, 2009. — 432 с.

96. Беляков А. В. Оборудование и основы проектирования предприятий по производству керамики: учеб. пособие. — М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2013. — 480 с. [Электронный ресурс]

97. Ильвич А.П. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров. М.: Высш. школа 1979. 344 с.

98. R. König. Ceramic Drying. A Reference Book by Novokeram. — Krumbach, 1998. — 262 p.

99. Салахов А. М., Ремизникова В. И., Спирина О. В., Мочалов А. Ю. Производство строительной керамики. — Казань, Центр инновационных технологий, 2003. — 292 с.

100. Routschka G., Granitzki K. — E. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Refractory Ceramics. Wiley-VCH Verlag GmbH, 2000. DOI: 10.1002/14356007.a23_001

101. Макаров Н. А. Металлизация керамики. — М. : Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004. — 75 с.

102. ВРП-15—89 Временное руководство по проектированию предприятий по производству кирпича и керамических камней. Нормы технологического проектирования.

103. ВНТП-19—86 Ведомственные нормы технологического проектирования предприятий керамической промышленности. Производство керамических плиток.

104. Кирпич и черепица Brick and Tile Industry International — Zi Russia, 1, 2015, Cfi/Ber DKG 91 (2014) Special Russia], Cfi/Ber DKG 92 (2015) Special Russia

105. Cfi/ Ber DKG 89 (2012) № 2 R

106. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение. Каталог-справочник. Кн. 1. Под ред. И. А. Кащеева. — М. : Теплоэнергетик, 2003. — 336 с.

107. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение. Каталог-справочник. Кн. 2. Под ред. И. А. Кащеева. — М. : Теплоэнергетик, 2003. — 320 с.

108. Кащеев И. Д., Стрелов К. К., Мамыкин П. С. Химическая технология огнеупоров. — М. : «Интермет Инжиниринг», 2007. — 752 с.

109. ГОСТ 28874—2004. Огнеупоры. Классификация.

110. Повышение энергетической и экологической эффективности производства керамических изделий. Технологические, технические и управленческие подходы. Вопросы стандартизации и сертификации / А. И. Захаров, Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Н. А. Макаров, М. А. Вартанян, Е. М. Аверочкин; под ред. А. И. Захарова. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. С. 75–77.

111. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям производства изделий из керамики. М. : ГТЦ, 2009. 367 с.

112. González I., Galán E., Miras A. Fluorine, chlorine and sulphur emissions from the Andalusian ceramic industry (Spain). Proposal for their reduction and estimation of threshold emission values // Applied Clay Science, 2006. Vol. 32, Issues 3–4, P. 153–171.

113. Monfort E., García-Ten J., Celades I., Gazulla M. F., Gomar S. Evolution of fluorine emissions during the fast firing of ceramic tile // Applied Clay Science, 2008. URL: gost.e-ecolog.ru
_the_fast_firing_of_ceramic_tile

114. Koroneos C., Dompros A. Environmental assessment of brick production in Greece // Building and environment, 2007. № 42. P. 2114–2143

115. Coroado J. F., Ferraz E., Gomes C. F., Rocha F. Clays from Vila Nova da Rainha (Portugal): appraisal of their relevant properties in order to be used in construction ceramics // Acta Geodyn. Geomater., 2010. Vol. 7, # 2 (158), P. 189–200

116. Зайцев В. А. Промышленная экология. Экологические проблемы основных производств / В. А. Зайцев, Н. А. Крылова, М: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2002. 175 с.

117. Захаров А. И. Возможности практического применения наилучших доступных технологий в производстве керамических изделий в Российской Федерации // Повышение ресурсо- и энергоэффективности: наука, технология, образование. Труды Международного симпозиума, посвященного 175-летию со дня рождения Д. И. Менделеева. Том 2. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. С. 38–42.

118. Хуснуллин М. Ш. Строительный комплекс Республики Татарстан. Факторы развития// Строительные материалы, 2009, № 4. С. 5–9.

119. Промежуточный отчет по пилотной региональной и отраслевой деятельности. Проект «Гармонизация экологических стандартов II». М. : ГТЦ, 2010. 72 с.

120. ГОСТ 530–2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.

121. CSN EN 771–1:2011. Specifications for masonry units — Part 1: Clay masonry units.

122. Albino V., Kühtz S., Zhou C., Peng G. Energy and materials use in Italian and Chinese tile manufacturers: a comparison using an Enterprise Input-Output model // Proceedings of the 15th International Conference of the International Input Output Association. Beijing, 2005. Volume 4. P. 4–16.

123. Industrial energy efficiency accelerator. Guide to the brick sector. London: Carbon Trust, 2010. 85 p.

124. Heierli, U. and S. Maithel (2008). Brick by brick: The Herculean task of cleaning up the Asian brick industry.

125. Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking. An Energy Policy Tool. WorkingPaper. UNIDO, 2010. URL: file:///D:/!!!%20 %D0 %A2 %D0 %9A%20113/%D0 %A1 %D0 %BF%D1 %80 %D0 %B0 %D0 %B2 %D0 %BE%D1 %87 %D0 %BD%D0 %B8 %D0 %BA%20 %D0 %BF%D0 %BE%20 %D0 %BA%D0 %B5 %D1 %80 %D0 %B0 %D0 %BC%D0 %B8 %D0 %BA%D0 %B5/Benchmarking_%20Energy_%20Policy_Tool.pdf

126. Guseva T., Molchanova Ya., Vartanyan M., Averochkin E. Best Available Techniques in ceramic industry: enhancing environmental performance and improving energy effi-

ciency. In: Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. Sofia, 2014. Volume 2. Ecology, economics, education and legislation. P. 93–100.

127. Наилучшие доступные технологии и комплексные экологические разрешения: перспективы применения в России / Бегак М. В., Боравская Т. В., Руут Ю., Молчанова Я. П., Захаров А. И., Сивков С. П. / Под ред. М. В. Бегака. М. : ООО «ЮрИнфоР-Пресс», 2010. 220 с.

128. Koomey J. G., Martin N. C., Brown M., Price L. K., Levine M. D. Costs of reducing carbon emissions: US building sector scenarios // Energy Policy. 1998. № 26(5). P. 433–473.

129. Department for the Environment. Australian Government. Emissions Estimation Technique Manual for Bricks, Ceramics, & Clay Product Manufacturing URL: gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru

130. Аверочкин Е. М., Молчанова Я. П., Гусева Т. В., Вартанян М. А. Национальные стандарты по наилучшим доступным технологиям как инструмент экологического нормирования предприятий, производящих керамические изделия // Химическая промышленность сегодня, 2013. № 9. С. 34–42.

131. СТ СЭВ 6575–89 «Печи для обжига керамических плиток для полов и внешней облицовки. Показатели энергопотребления».

132. ГОСТ 28529–90 «Печи для обжига керамических плиток для полов и внешней облицовки. Показатели энергопотребления».

133. ТКП 45–7.02–226–2010 «Производство керамических плиток. Нормы технологического проектирования предприятий».

134. Скороход Н. А. Производство керамической плитки в России: сырьевое обеспечение, факторы и тенденции развития // Альманах «Деловая слава России», 2008. № 2. С. 196–197.

135. ГОСТ Р 55645—2013 Производство керамической плитки. Руководство по применению наилучших доступных технологий повышения энергоэффективности и экологической результативности.

136. Родионов А. И. Технологические процессы экологической безопасности (основы энвайронменталистики) / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. 2000. 800 с.

137. Бегак М. В., Гусева Т. В. Система выдачи экологических разрешений в соответствии с нормами общего действия. [Электронный ресурс] Режим доступа : gost.e-ecolog.ru projects/techreg/files/Presentations_07.pdf

138. Официальный сайт ОАО «Поликор». [Электронный ресурс] режим доступа: gost.e-ecolog.ru t/search

139. Официальный сайт ООО «Группа «Магнезит». [Электронный ресурс] режим доступа:
gost.e-ecolog.ru
140. ВНТП 20–86 Ведомственные нормы технологического проектирования предприятий керамической промышленности. Производство санитарных керамических изделий. [Электронный ресурс] режим доступа:
gost.e-ecolog.ru
141. Захаров А. И. Ресурсо- и энергоэффективность производства керамических изделий: вопросы НДТ // Итоговый отчет о выполнении пилотных проектов в рамках международного проекта «Гармонизация экологических стандартов II — Россия». М. : ГТЦ, 2009. С. 56–72.
142. BMLFUW (2003). Austrian Study on State of the Art of Manufacturing Ceramic Goods by Firing.
143. Energy saving concepts for the European ceramic industry (2009). Ed. by Rüdiger Köhler. IEEA. KI Keramik-Institut GmbH
144. Официальный сайт ОАО «НПО «Сатурн» [Электронный ресурс] режим доступа: gost.e-ecolog.ru
145. Правила определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458).
146. Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии (утверждены приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 г. № 665). URL:
gost.e-ecolog.ru
147. Санитарные правила СП 2.1.7.1386–03 «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления».
148. EBRD Sub-Sectoral Environmental and Social Guidelines. Clay, Ceramic and Refractory Materials. URL: gost.e-ecolog.ru
149. Methodology for the free allocation of emission allowances in the EU ETS post 2012. Sector report for the ceramics industry. URL:
gost.e-ecolog.ru
150. Справочник Европейского союза «Экономические аспекты и вопросы и воздействия на различные компоненты окружающей среды». URL:
gost.e-ecolog.ru u/upload/iblock/b2e/economika_1303.pdf

151. Reference Document on Economics and Cross-Media Effects, 2006. URL:
gost.e-ecolog.ru
152. Федеральный Закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ (ред. от 29 декабря 2014 г.) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»

153. ГОСТ Р ИСО 14001–2007 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению

154. ISO 14001:2015 Environmental management Systems — Requirements with Guidance for Use

155. Naden C. (2015) ISO 14001 revision moves to final stage. URL:
gost.e-ecolog.ru
156. Системы экологического менеджмента: практический курс / Дайман С. Ю., Гусева Т. В., Заика Е. А., Сокорнова Т. В. М. : Форум, 2010. 336 с.

157. Regulation (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS), repealing Regulation (EC) No 761/2001 and Commission Decisions 2001/681/EC and 2006/193/EC

158. ISO/FDIS 14001: 2015. Environmental management systems — Requirements with guidance for use.

159. ГОСТ ISO 9000–2005 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

160. Системы экологического менеджмента: практический курс / Дайман С. Ю., Гусева Т. В., Заика Е. А., Сокорнова Т. В. — М. : Форум, 2010. — 336 с.

161. ISO 50001:2011 Energy management systems — Requirements with guidance for use.

162. ГОСТ Р ИСО 50001—2012 Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению

163. Cfi/ Ber DKG 92 (2015) № 3, Ceramic Word Review № 105, 2014, Ceramic Word Review Русское издание, 2015.

164. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях».

gost.e-ecolog.ru