

Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для производства цемента и извести

Введение

Руководства по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ) представляют собой технические справочники, содержащие примеры надлежащей международной отраслевой практики (НМОП)¹ как общего характера, так и относящиеся к конкретным отраслям. Если в реализации проекта участвует один член Группы Всемирного банка или более, применение настоящего Руководства осуществляется в соответствии с принятыми в этих странах стандартами и политикой. Такие Руководства по ОСЗТ для различных отраслей промышленности следует применять в сочетании с **Общим руководством по ОСЗТ** – документом, в котором пользователи могут найти указания по общим вопросам ОСЗТ, потенциально применимым ко всем отраслям промышленности. При осуществлении комплексных проектов может возникнуть необходимость в использовании нескольких Руководств, касающихся различных отраслей промышленности. С полным перечнем Руководств для отраслей промышленности можно ознакомиться по адресу:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

¹ Определяется как применение профессиональных навыков и проявление старательности, благоразумия и предусмотрительности, чего следует с достаточным на то основанием ожидать от квалифицированного и опытного специалиста, занятого аналогичным видом деятельности в таких же или сходных условиях в любом регионе мира. При оценке применяемых в ходе реализации проекта способов предупреждения и предотвращения загрязнения окружающей среды квалифицированный и опытный специалист может выявить обстоятельства, такие, например, как различные уровни экологической деградации и ассимилирующей способности окружающей среды, а также различные уровни финансовой и технической осуществимости.

В Руководствах по ОСЗТ приводятся такие уровни и параметры эффективности, которые, как правило, считаются достижимыми на вновь введенных в эксплуатацию объектах при современном уровне технологии и приемлемых затратах. Применение положений Руководств по ОСЗТ к уже существующим объектам может потребовать разработки особых целевых показателей для каждого объекта и соответствующего графика их достижения.

Применение Руководства по ОСЗТ следует увязывать с факторами опасности и риска, определенными для каждого проекта на основе результатов экологической оценки, в ходе которой принимаются во внимание конкретные для каждого объекта переменные, такие как особенности страны реализации проекта, ассимилирующая способность окружающей среды и прочие факторы, связанные с намечаемой деятельностью. Порядок применения конкретных технических рекомендаций следует разрабатывать на основе экспертного мнения квалифицированных и опытных специалистов.

Если нормативные акты в стране реализации проекта предусматривают уровни и параметры, отличные от содержащихся в Руководствах по ОСЗТ, то при реализации проекта надлежит в каждом случае руководствоваться более жестким из имеющихся вариантов. Если в силу особых условий реализации конкретного проекта целесообразно применение менее жестких уровней или параметров, нежели те, что представлены в настоящем

Руководстве по ОСЗТ, в рамках экологической оценки по конкретному объекту надлежит представить подробное и исчерпывающее обоснование любых предлагаемых альтернатив. Такое обоснование должно продемонстрировать, что выбор любого из альтернативных уровней результативности обеспечит охрану здоровья населения и окружающей среды.

Применение

Руководство по ОСЗТ для производства цемента и извести включает информацию, относящуюся к проектам производства цемента и извести. Добыча сырья, которая является общим видом деятельности для проектов производства цемента, рассмотрена в Руководстве по ОСЗТ для добычи строительных материалов. В Приложении А приведено описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли промышленности. Настоящий документ состоит из следующих разделов:

Раздел 1.0	–	Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними
Раздел 2.0	–	Показатели эффективности и мониторинг
Раздел 3.0	–	Справочная литература и дополнительные источники информации
Приложение А	–	Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

1.0 Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними

В данном разделе кратко рассматриваются вопросы ОСЗТ, связанные с производством цемента и извести, которые возникают на стадии эксплуатации, а также рекомендации по решению этих проблем. Рекомендации по решению проблем ОСЗТ, общих для большинства крупных промышленных предприятий в процессе строительства и на стадии вывода из эксплуатации, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.1 Охрана окружающей среды

Природоохранные вопросы при производстве цемента и извести в первую очередь включают следующее:

- Выбросы в атмосферу
- Потребление энергии и топлива
- Сточные воды
- Образование твердых отходов
- Шум

Выбросы в атмосферу

Выбросы в атмосферу при производстве цемента и извести создаются в процессе погрузки/разгрузки и хранения промежуточных и конечных продуктов и за счет работы систем обжиговых печей, клинкерных холодильников и мельниц. В настоящее время при производстве цемента используется несколько типов обжиговых печей (с предварительным подогревом и предварительным обжигом (РНР), с предварительным подогревом (РН), длительной сушки (LD), работающие по полусухому, полумокрому и мокрому способу). По экологическим показателям обычно отдают предпочтение обжиговым печам РНР. Хотя до сих

пор используются шахтные сушильные печи, они обычно экономически выгодны только для небольших производств, и их перестают применять после смены оборудования.

Для производства извести используют 4 основных типа обжиговых печей, пригодных для получения разных типов (активности) жженой извести: ротационные, вертикальные шахтные (более 10 типов), с подвижной колосниковой решеткой и кипящего слоя.

Выхлопные газы

В этой отрасли производства для получения энергии обычно используется сжигание. Нормативы выбросов малых источников сгорания мощностью до 50 МВтч тепл., включая стандарты для выбросов в атмосферу, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Нормативы выбросов источников мощностью более 50 МВтч приведены в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**.

Твёрдые частицы

Выброс твёрдых частиц относится к наиболее существенным воздействиям при производстве цемента и извести. Ниже приведены основные источники выбросов частиц и соответствующие рекомендуемые методы их предотвращения и контроля.

Рекомендуемые методы предотвращения и контроля загрязнения за счет выбросов твёрдых частиц при погрузке/разгрузке и хранении промежуточных и конечных продуктов (включая измельчение и размол сырья), погрузке/разгрузке и хранении твердых видов топлива, транспортировке материалов (например, грузовыми автомобилями или ленточными конвейерами) и упаковке в мешки включают следующее:

- Простое, линейное расположение работ по погрузке/разгрузке материалов, чтобы сокращать необходимость многократной погрузки/разгрузки.
- Использование закрытых ленточных конвейеров для транспортировки материалов и контроль выбросов в точках погрузки/разгрузки.
- Очистка возвратных лент в системах ленточных конвейеров.
- Хранение измельченное и предварительно смешанное сырье в накрытых крышками или закрытых бункерах.
- Хранение угольной пыли и нефтяного кокса в силосах.
- Хранение топлива, произведённого из отходов, в местах, защищенных от ветра и воздействия погоды.
- Хранение клинкера в накрытых крышкой или закрытых бункерах или силосах с автоматическим удалением пыли.
- Хранение цемента в силосах с автоматическим усреднением и загрузкой насыпных емкостей.
- Хранение просеянной жженой извести в бункерах или силосах, а высших сортов гашеной извести – в герметичных силосах.
- Проведение регламентного технического обслуживания завода и содержание его в должном порядке, чтобы сводить к минимуму небольшие утечки воздуха и разливы.
- Проведение обработки материалов (например, измельчение, размол сырья и растирание клинкера) в закрытых системах, в которых с помощью вытяжных вентиляторов поддерживается отрицательное давление. Сбор отсасываемого вентиляцией воздуха и удаление пыли с помощью циклонов и рукавных фильтров.
- В максимально возможной степени применение автоматической загрузки в мешки и системы погрузки, в том числе:

- Использование ротационных машин загрузки в мешки с автоматической подачей бумажных мешков и предотвращением неконтролируемых выбросов.
- Использование автоматического контроля веса для каждого мешка при его выходе.
- Использование ленточных конвейеров для транспортировки мешков к машине укладки на поддоны.
- Хранение готовых поддонов в бункерах с крышкой для их дальнейшей отгрузки.

В дополнение к надлежащему проведению операций обжига² при работе систем обжига, клинкерных холодильников и мельниц, включая обжиг клинкера и известняка, рекомендуется использовать следующие методы предотвращения и контроля выбросов твёрдых частиц:

- Сбор пыли от обжиговых печей и холодильников с помощью фильтров и направление собранных выбросов твёрдых частиц обратно, соответственно, на подачу в обжиговые печи и клинкерные холодильники.
- Сбор и контроль выбросов мелких частиц с газами обжиговой печи³ с помощью электростатических фильтров (ЭСФ) или систем тканевых фильтров (рукавных пылеуловителей).
- Отделение крупных частиц из газов холодильника с помощью циклонов и их подача в тканевые фильтры.

² Обеспечение бесперебойной работы обжига означает постоянное поддержание оптимальных рабочих условий для обжиговой печи.

³ ЭСФ надежны при обычных условиях эксплуатации, однако они создают опасность взрыва, когда концентрация монооксида углерода (CO) в отходящих газах печи обжига превышает 0,5%. Чтобы исключить этот риск, предприятие должно обеспечить соответствующее и непрерывное регулирование и контроль процесса сжигания, включая непрерывный контроль уровня CO, особенно при пуске обжиговой печи, чтобы при необходимости автоматически отключить электропитание.

- Сбор пыли от мельниц с помощью тканевых фильтров⁴ и их направление обратно в мельницы.

Оксиды азота

Выбросы оксидов азота (NO_x) возникают при высокотемпературном сгорании в обжиговой печи для цемента⁵. В дополнение к надлежащему проведению операций обжига рекомендуется использовать следующие методы предотвращения и контроля:

- Поддержание потока вторичного воздуха на как можно более низком уровне (например, снижая содержание кислорода).
- Использование охлаждения пламени с помощью добавления воды к топливу или непосредственно в пламя (например, снижая температуру и повышая концентрацию гидроксильных радикалов). Использование охлаждения пламени может отрицательно сказываться на потреблении топлива, приводя к его увеличению на 2–3% и последующему пропорциональному увеличению выбросов диоксида углерода (CO₂).
- Использование горелок с низким выделением NO_x, чтобы исключать горячие точки с локальными выбросами.
- Разработка процесса стадийного сжигания⁶, пригодного для обжиговых печей с предварительным подогревом и предварительным обжигом (PHP) и для печей с предварительным подогревом (PH).
- Производство извести: при производстве *извести* выделение оксидов азота (NO_x) обычно ниже, чем при производстве цемента. Поскольку обжиг известняка

⁴ ЭСФ не пригодны для удаления пыли из мельницы.

⁵ Выбрасываемые NO_x более чем на 90% состоят из монооксида азота.

обычно происходит при более низких температурах, выделение NO_x из этого источника оказывается ниже, и его можно контролировать, используя горелки с низким выделением NO_x .

Диоксид серы

Выбросы диоксида серы (SO_2) при производстве цемента связаны в первую очередь с содержанием летучей или активной серы в сырье⁷ и в меньшей степени – с качеством топлива, используемого для получения энергии. В дополнение к надлежащему проведению операций обжига рекомендуется использовать следующие методы контроля загрязнения атмосферы путем снижения выбросов SO_2 :

- Применение вертикальных мельниц и пропускание отходящих газов через мельницу для утилизации тепла и для снижения содержания серы в газе. В мельнице газ, содержащий оксид серы, смешивается с карбонатом кальция (CaCO_3) из сырья и образует сульфат кальция (гипс).
- Выбор топлива с низким содержанием серы.
- Впрыск адсорбентов, таких как гашеная известь (Ca(OH)_2), оксид кальция (CaO) или летучая зола с высоким содержанием CaO , в отходящие газы до фильтров.
- Использование мокрых или сухих скрубберов⁸.

Выбросы SO_2 при производстве извести обычно ниже, чем при производстве цемента, в связи с более низким содержанием серы в сырье. Ниже приведены методы ограничения выбросов SO_2 :

- Выбор карьерных материалов с низким содержанием летучей серы.
- Впрыск гашеной извести или бикарбоната в поток отходящих газов перед фильтрами.
- Впрыск высокодисперсной негашеной или гашеной извести в колпак топки обжиговой печи.

Парниковые газы

Выброс парниковых газов, особенно диоксида углерода (CO_2)⁹, связан главным образом со сжиганием топлива и с декарбонизацией известняка, который в чистом виде содержит 44 (масс.) процента CO_2 . В дополнение к надлежащему проведению операций обжига рекомендуется использовать следующие методы предотвращения и контроля выбросов CO_2 :

- Производство многокомпонентных цементов, которые потенциально позволяют существенно снижать потребление топлива и, соответственно, выбросы CO_2 в расчете на тонну конечного продукта.
- Выбор технологического процесса и режима работы, способствующих повышению эффективности энергопотребления (сушка / предварительный нагрев / предварительный обжиг).
- Выбор топлива с низким отношением содержания углерода к калорийности (например, природный газ, дизельное топливо или некоторые отходы, используемые в качестве топлива).
- Выбор сырья с низким содержанием органических веществ.

Монооксид углерода (CO) составляет очень небольшую долю выбросов парниковых газов (менее 0,5–1% от общего

⁷ Сырье с высоким содержанием органической серы или пирита (FeS) приводит к повышенным выбросам SO_2 .

⁸ Сухая газоочистка дороже, поэтому такой метод применяют реже, чем мокрую газоочистку, и обычно используют, когда выбросы SO_2 могут превышать 1500 мг/Нм³.

⁹ Парниковый газ N_2O вряд ли выделяется на заводах по производству цемента и извести в связи с высокими температурами и условиями для окисления. Единственным потенциальным источником N_2O может быть прямое выделение из сырья в сырьевой мельнице.

количества)¹⁰. Эти выбросы обычно связаны с содержанием в сырье органических веществ. Дополнительные рекомендации по борьбе с парниковыми газами приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Тяжелые металлы и другие загрязнители воздуха

Тяжелые металлы (например, свинец, кадмий и ртуть) могут в значительном количестве выбрасываться при производстве цемента; они возникают в результате применения сырья, органического топлива и отходов, используемых в качестве топлива. Нелетучие металлы связаны, в основном, с частицами. Выбросы летучих металлов типа ртути¹¹ обычно образуются и от сырья, и от отходов, используемых в качестве топлива, и борьба с ними не ведётся с помощью фильтров.

Рекомендуемые методы ограничения выбросов тяжелых металлов включают следующее:

- Введение эффективных мер снижения выбросов пыли и твёрдых частиц, как описано выше, чтобы удерживать связанные металлы. При высокой концентрации летучих тяжелых металлов (особенно ртути) может потребоваться использование адсорбции на активированном угле. С получающимися в результате твердыми отходами необходимо обращаться как с опасными отходами, согласно описанию в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

¹⁰ СО служит показателем условий технологического процесса. Высокое содержание СО обычно предупреждает о том, что производственный процесс проходит недолжным образом (потенциально повышая расход топлива). Необходимо непрерывно контролировать содержание монооксида углерода. Кроме того, при использовании ЭСФ существует риск взрыва, когда концентрация СО превышает 0,5–1%.

¹¹ Ртуть исходно попадает в обжиговую печь с сырьем (около 90%), а небольшое количество (около 10%) – с топливом.

- Осуществление контроля и ограничения содержания летучих тяжелых металлов в подаваемых материалах и топливе из отходов с помощью выбора материалов. В зависимости от типа летучих металлов, присутствующих в отходящих газах, способы борьбы с ними могут включать мокрую газоочистку и поглощение активированным углем.
- Эксплуатация обжиговых печей в контролируемом стационарном режиме, чтобы исключать аварийные отключения электростатических фильтров (если они используются на установках).
- При пусках и остановках печи не следует использовать отходы в качестве топлива.

Отходы, используемые в качестве топлива

В связи с сильно щелочной атмосферой и высокой температурой пламени (2000°C) в печах для обжига цемента можно использовать в качестве топлива отходы с высокой теплотворностью (например, отработанные растворители, отработанные масла, изношенные шины, отходы пластика и отходы органических химикатов, включая полихлорированные бифенилы [PCB], устаревшие хлорорганические пестициды и другие хлорированные вещества). Если не осуществлять должный контроль и эксплуатацию, использование отходов в качестве топлива может приводить к выбросам летучих органических соединений (ЛОС), полихлорированных дибензодиоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ), фтористого водорода (HF), хлористого водорода (HCl), токсичных металлов и их соединений.

Использование при производстве цемента топлива или сырья из отходов требует специального разрешения местной администрации. В разрешении должны быть указаны количества и типы отходов, которые можно использовать в качестве топлива или сырья; в нем также

должны содержаться стандарты качества, такие как минимальная теплотворная способность и максимальные уровни концентрации определенных загрязнителей, таких как РСВ, хлор, ПАУ, ртуть и другие тяжелые металлы.

Рекомендуемые методы предотвращения и контроля для этих типов загрязнителей включают следующее:

- Применение методов уменьшения содержания частиц, чтобы снизить выбросы нелетучих тяжелых металлов, и обращение с собранными отходами как с опасными отходами, согласно описанию в **Общем руководстве по ОСЗТ**.
- Осуществление контроля и ограничения содержания летучих тяжелых металлов в подаваемых материалах и топливе из отходов с помощью выбора материалов. В зависимости от типа летучих металлов, присутствующих в отходящих газах, способы их контроля могут включать мокрую газоочистку и поглощение активированным углем.
- Прямой впрыск топлив с летучими металлами или высокой концентрацией ЛОС через главную горелку, а не через вторичные горелки.
- Исключение использования топлива с высоким содержанием галогенов при вторичном сжигании, а также на стадии пуска и отключения.
- Сведение к минимуму времени охлаждения газов из обжиговой печи (от 500 до 200°C), чтобы избежать или сводить к минимуму повторное образование уже разложившихся ПХДД и ПХДФ^{12, 13, 14}.

¹² PCDD и PCDF разлагаются в пламени и в высокотемпературных газах, но в диапазоне более низких температур (250–500°C) они могут снова образовываться. В обжигowych печах типа РНР и РН при быстром токе в циклонах обычно возможно быстрое охлаждение до температуры ниже 200°C, но этого намного труднее добиться в печах других типов.

¹³ Применение при производстве цемента активированного угля для поглощения следов летучих металлов (например, ртути), ЛОС и PCDD–PCDF все еще находится на экспериментальной стадии, в основном из-за разного состава газов. Надлежащие рабочие условия и тщательный выбор

- Введение надлежащего порядка хранения и погрузки/разгрузки для опасных и безопасных отходов, которые предполагается использовать в качестве топлива или сырья из отходов, согласно описанию в **Общем руководстве по ОСЗТ**.
- Топливо и сырье из отходов редко используются при *производстве извести* в связи с требованиями к качеству продукта¹⁵.

Потребление энергии и топлива

Производство цемента и извести относится к энергоемким отраслям. Стоимость электроэнергии и топлива может составлять 40–50% общих производственных затрат. В дополнение к рекомендациям по экономии энергии, приведенным в **Общем руководстве по ОСЗТ**, специальные рекомендации для отрасли включают следующее:

Обжиговые печи

Принятая международная практика производства цементного клинкера в отношении новых установок и крупных модернизаций требует использования сухого технологического процесса с обжиговой печью, обеспечивающей многоступенчатый предварительный подогрев и предварительный обжиг (печь РНР). Печи РНР

подаваемых материалов могут позволить отказаться от применения активированного угля.

¹⁴ Дополнительные сведения о предотвращении и контроле выбросов PCDD и PCDF можно найти в SINTEF, 2006 г.

¹⁵ Топливо, используемое при производстве извести, оказывает существенное воздействие на качество получаемой извести, в первую очередь за счет содержания серы, которая захватывается продуктом и снижает его ценность. Различные топлива могут оказывать влияние на качество продукта при их неполном сгорании, поэтому благодаря своим горючим свойствам при производстве извести в качестве топлива чаще всего используются природный газ и нефть. Каменный уголь (низкосернистый) и нефтяной кокс можно использовать, когда содержание серы в конечном продукте не имеет большого значения. Топливо из отходов и сырье из отходов редко используются при производстве извести в связи с требованиями к качеству продукта.

чаще всего используются при производстве цемента. Они потребляют меньше всего тепла (за счет высокой рекуперации тепла из дымовых газов в циклонах и малых потерь тепла в обжиговой печи) и не испаряют воду (в сравнении с обжигowymi печами, работающими по мокрому способу, в которых используется шлам) и одновременно обеспечивают самую высокую производственную мощность. Широко используются и обжиговые печи РН в связи с простотой их эксплуатации. Потребление тепла обжигowymi печами РН лишь ненамного больше, чем обжигowymi печами РНР, однако их производственная мощность намного ниже, чем у печей РНР. Обжиговые печи остальных типов (с длительной сушкой [LD], работающие по полусухому, полумокрому и мокрому способам) считаются устаревшими¹⁶. Для дальнейшего повышения эффективности потребления энергии тепло от холодильника следует использовать в качестве горячего технологического воздуха, как это делается в третичном воздуховоде при предварительном обжиге.

При производстве извести потребление энергии у обжиговых печей с кольцевой шахтой, регенерирующих печей с параллельным потоком и других шахтных печей ниже, и они позволяют с большей легкостью менять топливо. Среднее потребление тепла и электроэнергии

различными обжигowymi печами приведено ниже в разделе "Использование ресурсов и отходы".

Холодильники

В настоящее время устанавливаются клинкерные холодильники только одного типа – колосниковые холодильники, которые выпускают во множестве исполнений. Задача холодильника состоит в максимально быстром снижении температуры клинкера и нагревании вторичного воздуха до как можно более высокой температуры с целью уменьшить расход топлива.

Топливо

В качестве топлива при производстве цемента чаще всего используется угольная пыль (каменный уголь и лигнит), однако все шире начинает использоваться более дешевый нефтяной кокс. Каменный уголь и нефтяной кокс порождают более высокий уровень выбросов парниковых газов, чем дизельное топливо и природный газ (приблизительно на 65% выше, чем для газа)¹⁷. К тому же высокое содержание серы в топливе (характерное для нефтяного кокса) может создать трудности, включая осаждение, – в основном, серы, – на кольцах в обжиговой печи. В цементной промышленности все чаще вместо традиционного топлива используется топливо из отходов, однако при этом не следует упускать из виду сопутствующие выбросы в атмосферу, которые обсуждались выше¹⁸.

¹⁶ Почти 80% выпускаемого в Европе цемента производится в обжигowych печах с сухим технологическим процессом. При модернизации или расширении обжигowych печей, работающих не по сухому способу, их необходимо переводить на сухой способ. У обжигowych печей с длительной сушкой (LD) существенно выше потребление тепла, и обычно у них возникают трудности с техническим обслуживанием и соответствующие затраты. Обжиговые печи, работающие по полусухому и полумокрому способам (печи Леполья), имеют промежуточное потребление тепла в связи с содержанием влаги в подаваемом в обжиговую печь гранулированном сырье. У обжигowych печей, работающих по полумокрому способу, выше потребление электроэнергии и расходы на техническое обслуживание в связи с использованием пресс-фильтров. Обжиговые печи, работающие по мокрому способу (от которых сегодня почти полностью отказались), представляют собой самую старую технологию вертикальных печей и имеют самое высокое потребление тепла и самую низкую производственную мощность. Сегодня шахтные печи уже не считаются технологией, пригодной для производства цемента.

¹⁷ Дизельное топливо и природный газ составляют только 6% от общего потребления топлива в Европе, поскольку они дороже нефтяного кокса и угля.

¹⁸ В промышленно развитых странах в качестве альтернативного топлива стали широко использоваться отходы. Согласно имеющейся информации, в Европейском союзе (ЕС) такое применение составляет в среднем 12%. К альтернативным видам топлива относится остаточное топливо, поглощающие материалы, измельченные остатки (например, пластики, резина), пластики с низким содержанием хлора, шины, ткани, канализационный ил и отработанные фильтры.

Могут потребоваться меры для снижения загрязнения, чтобы гарантировать, что при сжигании отходов в печах обжига цемента не возникает никаких токсичных выбросов. Необходимо осуществлять надлежащий контроль (обсуждаемый ниже в разделе 2), когда на заводах по производству цемента сжигается топливо из отходов.

Сточные воды

Очистка промышленных сточных вод

Сточные воды образуются главным образом в связи с использованием инженерных сетей для охлаждения на разных стадиях технологического процесса (например, для подшипников, колец обжиговой печи). При некоторых работах могут образовываться промышленные сточные воды с высоким уровнем pH и значительным содержанием твердых взвешенных веществ. Методы очистки промышленных сточных вод в этой отрасли производства включают усреднение потоков и регулировку pH, отстаивание для снижения содержания взвешенных твердых веществ с помощью бассейнов-осадителей и осветлителей, фильтрование через различные среды для снижения содержания неосаждаемых твердых веществ. Очистка промышленных сточных вод и примеры подходов к очистке обсуждаются в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Использование этих методов и соблюдение технологии очистки сточных вод позволяет предприятиям добиться соответствия нормативным значениям для сброса сточных вод, которые приведены в отношении данной отрасли промышленности в соответствующей таблице раздела 2 данного документа.

Другие источники сточных вод и потребление воды

Указания по удалению незагрязненных сточных вод от работы инженерных сетей, незагрязненных ливневых стоков и бытовой канализации приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Загрязненные стоки необходимо направлять в систему очистки промышленных сточных вод.

Ливневые стоки, проходящие через штабели нефтяного кокса, каменного угля и отходов, находящихся на открытом воздухе, могут загрязняться. Следует предотвращать попадание ливневых стоков в штабели, накрывая штабели или размещая их на закрытых складах и осуществляя регулирование стока. Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения, возникающего за счет выделения пыли штабелями сырья, клинкера, каменного угля и отходов (как указано выше), также могут способствовать минимизации загрязнения ливневых стоков. Если ливневые стоки все же попадают в штабели, необходимо защитить почву и подземные воды от возможного загрязнения с помощью покрытия участка под штабелями или применяя иные способы защиты, а также путём регулирования стока вокруг штабелей и сбора ливневых стоков в футерованный бассейн, чтобы дать частицам возможность осесть перед последующим разделением, опробованием, обратной подачей в процесс или сбросом. Дополнительные рекомендации по удалению ливневых стоков приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Рекомендации по снижению потребления воды, особенно при ее ограниченных естественных ресурсах, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Твердые отходы

К источникам твердых отходов при производстве цемента и извести относятся отходы производства клинкера, большей частью состоящие из пустой породы, которые удаляются из сырья в процессе подготовки сырьевой смеси. Другим потенциальным источником отходов оказывается пыль обжиговой печи, удаленная из обводного потока и дымовой трубы, если она снова не направляется в технологический процесс.

Небольшое количество отходов образуется при техническом обслуживании установки (например, отработанное масло и металлолом). Другие отходы могут включать пыль из обжиговой печи, содержащую щелочь или хлориды и фториды¹⁹. При производстве извести пыль, выбракованная жженая известь и гашеная известь снова используются или направляются на переработку в определенные коммерческие продукты (например, известь для строительства, известь для стабилизации почвы, гашеная известь и гранулированные продукты).

Указания по удалению опасных и безопасных отходов приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Шум

Шумовое загрязнение связано с рядом стадий производства цемента и извести, включая добычу сырья (обсуждается в **Руководстве по ОСЗТ для добычи строительных материалов**); размол и хранение; погрузку/разгрузку и транспортировку сырья, промежуточного и конечного продуктов; а также работу вытяжных вентиляторов. Рекомендуемые меры по ограничению уровня шума, а

также уровни внешнего шума приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.2. Охрана труда и техника безопасности

Самые существенные воздействия, связанные с охраной труда и техникой безопасности, возникают на стадии непосредственного производства цемента и извести и включают в первую очередь следующее:

- Пыль
- Нагрев
- Шум и вибрацию
- Физические опасности
- Излучение
- Химические опасности и другие проблемы промышленной гигиены

Пыль

На большинстве стадий производства цемента и извести, во время которых образуется пыль, работа связана с воздействием мелких частиц, но самое существенное воздействие происходит во время работы в карьере (см. **Руководство по ОСЗТ для добычи строительных материалов**), погрузки/разгрузки сырья и размол клинкера и цемента. Воздействие активной (кристаллической) кремнеземной (SiO_2) пыли, если она присутствует в сырье, относится к потенциально опасным факторам при производстве цемента и извести²⁰. Для предотвращения и

¹⁹ На старых предприятиях, где в большинстве случаев все еще используется непрерывный полумокрый способ, в фильтр-прессах также получают щелочные фильтраты.

²⁰ Американская конференция государственных специалистов по промышленной гигиене (ACGIH) считает портландцемент вредной пылью. Рабочие, которые подвергаются длительному воздействию мелкой пыли, подвержены риску пневмокониоза, эмфиземы, бронхита и фиброза.

контроля воздействия пыли используются следующие методы²¹:

- Регулирование выделения пыли с помощью поддержания чистоты и надлежащего ухода.
- Использование закрытых кабин с кондиционированием воздуха.
- Использование системы вытяжки пыли и ее рециркуляции для удаления пыли с рабочих участков, особенно от мельниц для размола.
- Использование вентиляции воздуха (отсоса) на участках расфасовки цемента в мешки.
- Использование соответствующих средств индивидуальной защиты (СИЗ) (например, масок и респираторов), чтобы ограничить остаточное воздействие после принятия вышеописанных мер технологического и технического контроля.
- Использование передвижных вакуумных систем сбора пыли во избежание скопления пыли на замощенных участках.

Нагрев

Основное воздействие нагрева в этой отрасли связано с эксплуатацией и техническим обслуживанием обжиговых печей и другого "горячего" оборудования, а также с экзотермическими реакциями в процессе гашения извести. Для предотвращения и контроля рекомендуется использовать следующие методы:

- Экранировка поверхностей при нахождении вблизи рабочих и возможности контакта с "горячим" оборудованием, использование по мере необходимости средств индивидуальной защиты (СИЗ) (например, термоизоляционных перчаток и обуви).

²¹ Дополнительные сведения, касающиеся предотвращения и контроля опасности вдыхания кремнезема, можно найти в электронном руководстве по кремнезему Управления охраны труда (OSHA) Министерства труда США по адресу: <http://www.osha.gov/SLTC/etools/silica/index.html>.

- Сведение к минимуму рабочего времени на участках с высокой температурой путем введения более коротких смен на этих рабочих местах.
- Предоставление и использование по мере необходимости респираторов с подачей воздуха и кислорода.
- Введение специальных рабочих процедур индивидуальной защиты для процесса гашения извести во избежание потенциального воздействия экзотермических реакций.

Шум и вибрация

Вытяжные вентиляторы и мельницы служат основными источниками шума и вибрации на заводах по производству цемента и извести. Контроль шума может включать использование глушителей для вентиляторов, экранировку помещений для операторов мельниц, звукоизолирующие барьеры, а если шум не удастся снизить до приемлемого уровня – индивидуальные средства защиты слуха, описанные в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Физические опасности

Травмы в процессе производства цемента и извести чаще всего вызываются поскользыванием, спотыканием и падением; контактом с падающими или движущимися предметами; а также перенапряжением при подъеме грузов. Травмы могут также возникать в результате контакта или захвата движущимися механизмами (например, самосвалами, фронтальными погрузчиками, вилочными погрузчиками). Существенным источником физической опасности могут быть работы по техническому обслуживанию оборудования, включая дробилки, мельницы, мельничные сепараторы, вентиляторы, холодильники и ленточные конвейеры. Защита от этих

источников опасности описана в **Общем руководстве по ОСЗТ**²².

Излучение

Иногда для непрерывного контроля сырьевой смеси при ее подаче по ленточному конвейеру в мельницу для сырья используют рентгеновскую установку. Операторов такого оборудования необходимо защищать от излучения с помощью мер защиты от ионизирующего излучения, описанных в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Химические опасности и другие проблемы промышленной гигиены

Хром может вызывать аллергический контактный дерматит среди рабочих, занимающихся погрузкой/разгрузкой цемента²³. Предотвращение и контроль этой потенциальной опасности включает снижение относительного содержания растворимого хрома в цементных смесях и использование надлежащих средств индивидуальной защиты (СИЗ) для защиты от попадания на кожу, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Особую опасность на заводах по производству извести представляет случайное попадание СаО и СаОН на кожу, в глаза и на слизистую оболочку, и эту опасность необходимо оценивать, предотвращать и смягчать ее последствия с помощью мер и оборудования на случай чрезвычайных

ситуаций. В присутствии влаги могут возникать ожоги. Должны быть предусмотрены устройства для срочного промывания пораженных участков тела, включая устройства для промывки глаз на участках работы с негашеной известью. Участки, где осуществляется погрузка/разгрузка, должны быть по возможности покрыты и ограждены во избежание опасности выделения пыли. Дополнительные указания по борьбе с химическими опасностями приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.3. Охрана здоровья и обеспечение безопасности местного населения

Проблемы воздействия на здоровье и безопасность местного населения во время строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации предприятий по производству цемента и извести совпадают с проблемами большинства промышленных предприятий и обсуждаются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

²² Дальнейшие указания можно найти в материалах Всемирного совета деловых кругов по вопросам устойчивого развития (WBCSD), Инициативы устойчивого развития производства цемента (CSI), а также в работе "Гигиена и охрана труда в цементной промышленности: примеры надлежащей практики" (Health and Safety in the Cement Industry: Examples of Good Practice, 2004) по адресу: http://www.wbcsdcement.org/pdf/tf3/tf3_guidelines.pdf.

²³ Исследования показали, что американский цемент содержит 5–124 промилле хрома, в то время как европейский – 32–176 промилле. Во избежание аллергического контактного дерматита ЕС предписывает, чтобы содержание растворимого хрома (Cr VI) в цементе не превышало 0,0002% от общего сухого веса цемента.

2.0. Показатели эффективности и мониторинг

2.1. Охрана окружающей среды

Нормативы выбросов и сбросов

В таблицах 1, 2 и 3 приведены нормативы выбросов и сбросов в этой отрасли. Нормативные значения для выбросов и сбросов в данной отрасли служат показателем устоявшейся международной практики производства, отраженной в соответствующих стандартах стран, где имеется признанная нормативная база. Эти нормативы выполнимы при обычных условиях эксплуатации на соответствующим образом спроектированных и эксплуатируемых сооружениях путем применения методов предотвращения и контроля, описанных в предыдущих разделах настоящего документа. Указанные уровни должны обеспечиваться без разбавления и поддерживаться в течение не менее 95% времени эксплуатации установки или предприятия, рассчитываемого как доля рабочих часов в год. Отклонение от этих уровней с учетом конкретных местных условий проекта необходимо обосновать при проведении экологической оценки.

Таблица 1. Уровни выбросов в атмосферу при производстве цемента*

Загрязнитель	Единицы	Нормативное значение
Твердые частицы (новая обжиговая печь)	мг/Нм ³	30 ^a
Твердые частицы (действующие обжиговые печи)	мг/Нм ³	100
Пыль (другие источники выбросов, включая охлаждение клинкера, размол цемента)	мг/Нм ³	50
SO₂	мг/Нм ³	400
NO_x	мг/Нм ³	600
HCl	мг/Нм ³	10 ^b
Фтористый водород	мг/Нм ³	1 ^b
Общий органический углерод	мг/Нм ³	10
Диоксины и фураны	мг TEQ/Нм ³	0,1 ^b
Кадмий и таллий (Cd + Tl)	мг/Нм ³	0,05 ^b
Ртуть (Hg)	мг/Нм ³	0,05 ^b
Полуметаллы^c	мг/Нм ³	0,5
ПРИМЕЧАНИЯ * Выбросы из дымовой трубы обжиговой печи, если не указано иное. Средние значения за сутки, приведенные к 273°K, 101,3 кПа, 10% O ₂ и сухому газу, если не указано иное. ^a 10 мг/Нм ³ , если более 40% выделяемого тепла образуется из опасных отходов. ^b Если более 40% выделяемого тепла образуется из опасных отходов, то приводятся средние значения за период отбора образцов не менее 30 минут и не более 8 часов. ^c Полуметаллы = мышьяк (As), свинец (Pb), кобальт (Co), хром (Cr), медь (Cu), марганец (Mn), никель (Ni), ванадий (V) и сурьма (Sb).		

Нормативы сбросов распространяются на прямые сбросы очищенных стоков в поверхностные воды общего пользования. Можно устанавливать зависящие от местных условий уровни сбросов с учётом наличия и состояния используемого коллектора коммунальной канализации и систем очистки или, – при сбросе непосредственно в поверхностные воды, – от их классификации по виду водопользования, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Нормативы выбросов распространяются на выбросы

при технологических процессах. Нормативы выбросов от источников сгорания в связи с производством пара и электроэнергии установками мощностью не более 50 МВтч тепл. представлены в **Общем руководстве по ОСЗТ**, а выбросов от источников большей мощности – в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**. Указания по учету внешних условий на основе общей нагрузки выбросов приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Таблица 2. Уровни выбросов в атмосферу при производстве извести

Загрязнители	Единицы	Нормативное значение ^а
Пыль	мг/Нм³	50
SO ₂	мг/Нм³	400
NO _x	мг/Нм³	500
HCl	мг/Нм³	10
ПРИМЕЧАНИЯ ^а Средние значения за сутки, приведенные к 273°K, 101,3 кПа, 10% O ₂ и сухому газу, если не указано иное.		

Таблица 3. Уровни сбросов при производстве цемента и извести

Загрязнители	Единицы	Нормативное значение
pH	ед. PH	6–9
Общее содержание твердых взвешенных веществ	мг/л	50
Повышение температуры	°C	Не более, чем на 3 ^а
^а На границе научно установленной зоны смешивания, при определении которой учитывают качество воды источников, вид водопользования, потенциальных потребителей и ассимилирующую способность.		

Использование ресурсов и отходы

Ниже в таблицах 4–7 приведены примеры использования ресурсов и образования отходов в этой отрасли, что может служить показателем эффективности работы отрасли и позволяет отслеживать изменение качества ее работы со временем.

Таблица 4. Потребление ресурсов и энергии

Подача на единицу продукции	Единица	Контрольный показатель для отрасли
Энергия топлива при производстве цемента	ГДж/т клинкера	3,0–4,2 ^{a,b,c,d,g}
Электроэнергия при производстве цемента	кВтч/т эквивалента цемента	90–150 ^{a,b,c}
Электроэнергия при размоле клинкера	кВтч/т	40–45
Энергия топлива при производстве извести	ГДж/т извести	4–4,7 для шахтных обжиговых печей со смешанной загрузкой ^b 3,6–6 для улучшенных шахтных и ротационных обжиговых печей ^b
Электроэнергия при производстве извести	кВтч/т эквивалента извести	5–15 для шахтных обжиговых печей со смешанной загрузкой ^b 20–40 для улучшенных шахтных и ротационных обжиговых печей ^b
Материалы Замена сырья, используемого при производстве клинкера	%	2–10 ^{a,f,h}
Замена сырья, используемого при производстве цемента	%	0–70/80 с доменным шлаком ≥0–30 с летучей золой
ПРИМЕЧАНИЯ Примечания и источники приведены в таблице 5.		

Таблица 5. Выбросы и образование отходов

Выход на единицу продукции	Единица	Контрольный показатель для отрасли
Отходы	кг/т	0,25–0,6 ^a
Выбросы		
Пыль	г/т эквивалентного цемента	20–50 ^a
NO _x	г/т эквивалентного цемента	600–800 ^b
SO _x	кг/т	0,1–2,0 ^{a,h}
CO ₂		
От обезуглероживания ⁱ	кг/т	400–525 ^{a,e,f,h,k}
Из топлива ⁱ	кг/т эквивалентного цемента	150–350 ^{a,e,f,h}

^a Buzzi-Unicem (2004).

^b IPCC (2001).

^c Ernest Orlando Lawrence, Национальная лаборатория Беркли (2004).

^d NRCan (2001).

^e CIF (2003).

^f Italcementi Group (2005).

^g Управление охраны окружающей среды Канады (2004).

^h Lafarge (2004).

ⁱ На это влияет меняющееся количество используемых добавок летучей золы и других материалов.

^j В ряде стран выбросы CO₂ от сжигания отходов (по крайней мере их биологически разлагаемой части) считаются нейтральными.

^k Всемирный совет деловых кругов по вопросам устойчивого развития, Инициатива устойчивого развития производства цемента, 2002 г.

Таблица 6. Потребление тепла и производственные мощности обжиговых печей для производства цемента

Тип обжиговой печи	Потребление тепла (МДж/т клинкера)	Максимальная производственная мощность (т/день)
С предварительным подогревом/предварительным обжигом – 3–6 ступеней	3 000–3 800 ^a	12 000
С предварительным подогревом	3 100–4 200	4 000
Длительная сушка	≤5 000	3 800
Работающая по полусухому/полумокрому способу (печь Леполя)	3 300–4 500	2 500
Мокрый процесс	5 000–6 000	1 500–2 000

ПРИМЕЧАНИЯ

^a Для шестиступенчатого процесса с предварительным нагревом и предварительным обжигом при оптимальных условиях удается получить 2900 МДж/т клинкера.
Источник: IPCC (2001).

Таблица 7. Среднее потребление тепла и электроэнергии в четырех типах обжиговых печей для извести

Тип обжиговой печи ²⁴	Потребление тепла (МДж/т извести)	Потребление электроэнергии (кВтч/т извести)
Шахтные обжиговые печи	3600–4500	5–45
Ротационные обжиговые печи	4600–5400	18–40
С движущейся колосниковой решеткой	3700–4800	31–38
С предварительным нагревом газозвеси²⁵	4600–5400	20–25

Источник: IPCC (2001).

Экологический мониторинг

Необходимо ввести программы экологического мониторинга для данной отрасли, охватывающие всю деятельность, потенциально способную оказать существенное воздействие на окружающую среду при обычных условиях и нештатных ситуациях. Проведение экологического мониторинга должно основываться на прямых и косвенных показателях выбросов, стоков и использования ресурсов для конкретного проекта.

Частота мониторинга должна быть достаточной, чтобы получить репрезентативные данные для контролируемого параметра. Мониторинг должен проводиться специально подготовленными людьми в соответствии с процедурами контроля и учета данных и с использованием должным образом поверенного и исправного оборудования. Данные мониторинга необходимо регулярно анализировать и изучать, сравнивая их с действующими стандартами с

²⁴ Негашенная известь с активным кальцием предполагает более высокое потребление.

²⁵ Приведены данные только для одного завода, который работает в Норвегии с 1986 г.

целью принятия любых необходимых мер по исправлению недостатков. Дополнительные указания по применимым методам забора проб и анализа выбросов и стоков приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

2.2. Охрана труда и техника безопасности

Указания по охране труда и технике безопасности

Результаты деятельности по охране труда и технике безопасности следует оценивать на основании опубликованных международных рекомендаций по показателям воздействия вредных факторов, примерами которых являются, в частности, указания по Предельным пороговым значениям (TLV®) воздействия на рабочем месте и Показателям биологического воздействия (BEIs®), публикуемые Американской конференцией государственных специалистов по гигиене труда (ACGIH)²⁶, Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным институтом гигиены и охраны труда США (NIOSH)²⁷, показатели Допустимых уровней воздействия (PELs), публикуемые Управлением охраны труда США (OSHA)²⁸, Индикативные показатели пределов воздействия на производстве, опубликованные странами – участницами Европейского союза²⁹, и другие подобные источники.

Показатели травматизма и смертности на производстве

При реализации проектов следует стремиться к снижению числа несчастных случаев среди работников проекта (как штатных, так и работающих по субподряду) до нулевого уровня, особенно несчастных случаев, которые могут привести к потере рабочего времени, инвалидности различной степени тяжести или даже к смертельному исходу. Показатели частоты несчастных случаев на предприятии можно сопоставлять с контрольными значениями показателей деятельности предприятий данной отрасли в развитых странах, опираясь на данные опубликованных источников (например, Бюро статистики труда США и Управление гигиены и охраны труда Соединенного Королевства)³⁰.

Мониторинг соблюдения норм охраны труда и техники безопасности

Следует вести мониторинг рабочей среды на наличие вредных производственных факторов, характерных для данного проекта. Процесс мониторинга должны разрабатывать и осуществлять уполномоченные специалисты³¹ в рамках программы мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности. Предприятия обязаны также вести журналы учета случаев производственного травматизма профессиональных заболеваний, а также опасных ситуаций и несчастных случаев. Дополнительные указания по программам мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

²⁶ См. <http://www.acgih.org/TLV/> и <http://www.acgih.org/store/>

²⁷ См. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

²⁸ См. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARD&p_id=9992

²⁹ См. http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

³⁰ См. <http://www.bls.gov/iif/> и <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

³¹ К таким уполномоченным специалистам могут относиться сертифицированные специалисты по промышленной гигиене, дипломированные специалисты по охране труда, сертифицированные специалисты по охране труда или специалисты аналогичной квалификации.

3.0. Справочная литература и дополнительные источники информации

Cembureau (European Cement Association). 1999. Best Available Techniques for the Cement Industry. A Contribution from the European Cement Industry to the Exchange of Information and Preparation of the IPPC BAT Reference for the Cement Industry. Brussels: Cembureau. Доступно по адресу: <http://www.cembureau.be/>

Cement Industry Federation (CIF). 2003. Cement Industry Environment Report. Manuka, ACT: CIF. Доступно по адресу: <http://www.cement.org.au/>

Cement Sustainability Initiative, World Business Council on Sustainable Development (WBCSD). 2002. Our Agenda for Action. Geneva: WBCSD. Доступно по адресу: <http://www.wbcscement.org/agenda.asp>

CSI. 2004. Formation and Release of POPs in the Cement Industry. Second edition 2006. Geneva: WBCSD. Доступно по адресу: http://www.wbcscement.org/pdf/formation_release_pops_second_edition.pdf

CSI. 2005. Progress Report, June 2005. Geneva: WBCSD. Доступно по адресу: http://www.wbcscement.org/pdf/csi_progress_report_2005.pdf

CSI. 2005. CO₂ Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry. Cement CO₂ Protocol, July. Geneva: WBCSD. Доступно по адресу: <http://www.wbcscement.org/climate.asp>

CSI. 2005. Environmental and Social Assessment Guidelines. Доступно по адресу: http://www.wbcd.org/web/publications/cement_esia_guidelines.pdf

CSI. Guidelines on the Responsible Use of Fuel and Materials. 2005. Доступно по адресу: <http://www.wbcd.org/DocRoot/Vft3qGjo1v6HREH7jM6/tf2-guidelines.pdf>

European Commission. 2000. Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste. Brussels: EC. Доступно по адресу: http://europa.eu.int/lex/en/consleg/pdf/2000/en_2000L0076_do_001.pdf

European Commission. 2001. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BREF) for Cement and Lime Production. Seville: EIPPCB. Доступно по адресу: <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

European Commission. 2004. Directorate-General Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies (IPTS). Promoting Environmental Technologies: Sectoral Analyses, Barriers and Measures. Brussels: EC. Доступно по адресу: <http://www.jrc.es/>

European Environment Agency (EEA). 2005. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. Copenhagen: EEA. Доступно по адресу: <http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR4/en/page002.html>

Environment Canada. 2004. Foundation Report on the Cement Manufacturing Sector. Draft No. 1, June. Gatineau, Quebec: Environment Canada. Доступно по адресу: <http://www.ec.gc.ca/>

GTZ-Holcim Public Private Partnership. Guidelines on co-processing Waste Materials in Cement Production. Доступно по адресу: http://www.holcim.com/gc/CORP/uploads/GuidelinesCOPROCEM_web.pdf

National Safety Council. Radon Radioactivity and the Fly Ash Market. Itasca, IL: National Safety Council. Доступно по адресу: http://www.nsc.org/ech/radon/rad_faqs.htm

Natural Resources Canada (NRC). 2001. Office of Energy Efficiency. Energy Consumption Benchmark Guide: Cement Clinker Production. Доступно по адресу: http://oee.nrcan.gc.ca/publications/industrial/BenchmCement_e.pdf

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1999. Code of Federal Regulation Title 40, Part 63. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories; Portland Cement Manufacturing Industry. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/EPA-AIR/1999/June/Day-14/a12893.htm>

US EPA. 2003. 40 CFR Part 411. Cement Manufacturing Point Source Category. Effluent Limitations Guidelines, Cement Manufacturing Point Source Category. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_03/40cfr411_03.html

US EPA. 2004. Code of Federal Regulation Title 40, Part 63. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories; Lime Manufacturing Plants. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2004/January/Day-05/a23057.htm>

US EPA. 2005. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Final Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors (Phase I Final Replacement Standards and Phase II). 40 CFR Parts 9, 63, 260 et al. Washington, DC: US EPA. Доступно по адресу: <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2005/December/Day-19/a24198.htm>

US National Library of Medicine, National Institutes of Health. Haz-Map—Occupational Exposure to Hazardous Agents. Доступно по адресу: <http://hazmap.nlm.nih.gov/index.html>

Marlowe, I., and D. Mansfield. 2002. Substudy 10: Environment, Health and Safety Performance Improvement, Toward a Sustainable Cement Industry. Independent Report commissioned by the World Business Council for Sustainable Development. AEA Technology. Geneva: WBCSD. Доступно по адресу: http://www.wbcscement.org/pdf/final_report10.pdf

World Business Council for Sustainable Development and the Foundation for Industrial and Scientific Research of Norway. 2006. Formation and Release of POPs in the Cement Industry, Second Edition. Доступно по адресу: http://www.wbcscement.org/pdf/formation_release_pops_second_edition.pdf

Worrell, E and C. Galitsky. 2004. Energy Efficiency Improvement Opportunities for Cement Making. An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Sponsored by the US Environmental Protection Agency. Berkeley, LA: University of California, Berkeley. Доступно по адресу: http://www.energystar.gov/ia/business/industry/Cement_Energy_Guide.pdf

Wulf-Schnabel, J., and J. Lohse. 1999. Economic Evaluation of Dust Abatement Techniques in the European Cement Industry. Okopol: Institute for Environmental Strategies.

Приложение А. Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

Технологические процессы производства цемента и извести во многом схожи. И тот и другой включают разработку в карьере или шахте, размол и гомогенизацию сырья, как показано на рисунке А.1. С целью минимизации транспортных расходов и возможного использования ленточных конвейеров производство цемента и извести обычно располагается вблизи источников сырья и недалеко от рынка сбыта продукции. Цемент можно экономично перевозить грузовыми автомобилями в пределах относительно небольшого радиуса (около 100–150 км от завода), а если завод находится на водном пути, можно транспортировать баржами или судами. Для одной компактной производственной линии (обжиговая печь с предварительным подогревом и предварительным обжигом [РНР], печь с предварительным подогревом [РН] производительностью 3000 т клинкера в день) обычно требуется площадь около 400 000 м² на плоском участке, а также дополнительная площадь (например, 250 000 м²) для будущего расширения. Обычно проектируемое сооружение бывает рассчитано на срок службы от 40 до 50 лет. Важным моментом является размер завода, поскольку различие масштабов производства оказывает существенное влияние на производственные затраты и, следовательно, на стоимость инвестиций в методы снижения и контроля загрязнений. Небольшим заводам удастся добиться одинакового с крупными предприятиями уровня экологической чистоты при более значительных затратах в расчете на производство цемента.

Производство цемента

При производстве цемента энергия используется для переработки сырья, состоящего в основном из известняка

(карбоната кальция, CaCO_3), глины (силикаты алюминия), песка (оксида кремния) и железной руды, с целью получения клинкера, который размалывают с гипсом, известняком и т. п. для производства цемента.

После начальной стадии предварительного смешивания сырье перемешивают и размалывают для получения однородной смеси с заданным химическим составом (сырьевая мука). Степень помола и распределение размеров частиц сырьевой муки служат важными характеристиками процесса обжига. После перемешивания производственный процесс продолжается в ротационной обжиговой печи с помощью кальцинирования сырьевой муки (например, разложения CaCO_3 приблизительно при 900°C), при этом выделяется диоксид углерода (CO_2) и остается CaO . Затем следует процесс клинкерования, когда CaO при высокой температуре (от 1400 до 1500°C) вступает в реакцию с оксидами кремния, алюминия и железа. Для того чтобы получить необходимый состав, в смесь сырья могут добавляться и другие составляющие (например, кварцевый песок, формовочный песок, оксид железа, остатки оксида алюминия, доменный шлак и остатки гипса). Температура пламени и образующихся газов близка к 2000°C. Горячий клинкер падает из обжиговой печи в холодильник, где его необходимо максимально быстро охладить, чтобы повысить качество клинкера и рекуперировать энергию с помощью нагревания вторичного воздуха. Для этой цели обычно используются колосниковые холодильники (в отличие от использования сателлитных холодильников). Охлажденный клинкер затем перемалывается с гипсом и известняком для получения портландцемента, а с другими дополнительными составляющими — для получения композитного или

многокомпонентного цемента. После этого цемент хранят в силосах или мешках. Примешиваемые составляющие – это материалы с гидравлическими свойствами (например, природный пуццолан, летучая зола, доменный шлак и иногда шлак). В летучей золе и шлаке не должны присутствовать остатки углерода (обычно попадающие с электростанций, работающих на угле). В качестве наполнителя иногда добавляют небольшие количества CaCO_3 .

Производство извести

Известь получают обжигом CaCO_3 или – реже – доломита (карбонат кальция и магния) при подаче достаточного количества тепла, чтобы получить температуру около 800°C и вызвать обезуглероживание сырья с образованием оксида кальция (CaO , известного как негашеная известь). Негашеную известь затем выдерживают при температуре от 1200 до 1300°C для регулирования химической активности. Обожженную известь можно поставлять

конечным пользователям в виде негашеной извести (сильно-, средне- и легкообожженной в зависимости от химической активности). Известь легкого обжига обладает максимальной активностью и обычно используется при производстве стали. Иногда негашеная известь подается на гидрационную установку, где в результате сильной экзотермической реакции она, взаимодействуя с водой, образует гашеную известь (гидроксид кальция, Ca(OH)_2). Гашеная известь может существовать в двух формах: сухая (порошок) или известковое молоко (жидкость). Процесс производства гашеной извести состоит из сортировки сырья по размеру, гидратирования и хранения в силосе (сухая) для продажи насыпью или в мешках либо в резервуарах (молоко). Необходимо следить за тем, чтобы в негашеную известь не попала вода (в дополнение к влаге из воздуха), поскольку она вызывает гидратацию с выделением тепла и может привести к расширению, представляющему определенную опасность.

Рисунок А.1. Производственные процессы

