

Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для предприятий по переработке угля

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 организаций 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: 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 переработки угля относится к переработке угля в газообразные или жидкие химические вещества, в том числе в топливо. Оно распространяется на производство газа для химического синтеза – синтез-газа – путем различных процессов газификации и его последующую конверсию в жидкие углеводороды (синтез Фишера – Тропша), метанол или иные кислородсодержащие жидкие продукты, а также на прямое сжижение угля методом гидрогенизации.

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 приводится обзор проблем ОСЗТ, возникающих в сфере переработки угля на этапе эксплуатации предприятий отрасли, и содержатся рекомендации по их решению. Рекомендации по решению проблем ОСЗТ, характерных для большинства крупных промышленных предприятий в фазе строительства или вывода из эксплуатации, содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.1 Охрана окружающей среды

К числу экологических проблем, могущих возникнуть в связи с реализацией проектов в области переработки угля, относятся:

- Выбросы в атмосферу
- Сточные воды
- Опасные материалы
- Отходы
- Шум

Выбросы в атмосферу

Неорганизованные выбросы твердых частиц и газов

Основными источниками выбросов на предприятиях по переработке угля являются источники неорганизованных выбросов твердых частиц (ТЧ), летучих органических соединений (ЛОС), монооксида углерода (СО) и водорода. Значительный объем неорганизованных выбросов ТЧ угля может приходиться на работы по перегрузке, хранению и обогащению угля. В целях предотвращения и ограничения

неорганизованных выбросов ТЧ угля в атмосферу рекомендуется, в частности:

- При планировке предприятия или объекта исходить из необходимости способствовать ограничению выбросов и сократить число мест перегрузки угля;
- Использовать погрузочно-разгрузочное оборудование для минимизации высоты сброса угля при его укладке в штабель;
- Использовать спринклерное оборудование и/или полимерное покрытие для уменьшения образования сдуваемой пыли в местах хранения угля (например, в штабелях), сообразно техническим возможностям, определяемым требованиями к качеству угля;
- Сбирать угольную пыль, образующуюся при дроблении / сортировке угля, и направлять её в пылеуловитель с рукавными фильтрами или иное оборудование для улавливания примесей;
- Использовать для термальных сушилок центробежные (циклонные) уловители в сочетании с высокопроизводительными мокрыми скрубберами Вентури;
- Использовать в качестве пневматического оборудования для обогащения угля центробежные (циклонные) уловители в сочетании с тканевыми фильтрами;
- Использовать закрытые конвейеры в сочетании с системами пылеудаления и фильтрации в точках перегрузки; а также
- Внедрять пылеподавление при обработке (например, дроблении, сортировке и сушке) и перемещении угля (например, по конвейеру), например, используя системы водяного орошения продукции со сбором воды и её последующей очисткой или повторным использованием.

К неорганизованным выбросам других атмосферных загрязнителей относятся утечки летучих органических соединений (ЛОС), монооксида углерода (СО) и водорода из различных установок и оборудования, таких, как установки для производства синтез-газа; угольные склады; установки синтеза метанола и синтеза Фишера-Тропша; установки обогащения; а также системы канализации для загрязненных нефтью стоков и очистные сооружения, особенно усреднительные бассейны и водомасляные сепараторы. Кроме того, неорганизованные выбросы могут быть вызваны разнообразными утечками в трубопроводном хозяйстве, клапанах, соединениях, фланцах, сальниках, линиях с открытыми торцами, потерями при хранении и производственными потерями из резервуаров-хранилищ со стационарной и плавающей крышей, уплотнений насосов, газотранспортных систем, уплотнений компрессоров, предохранительных клапанов, амбаров / ёмкостей, а также при погрузке и разгрузке углеводородов.

В целях предотвращения и ограничения неорганизованных выбросов атмосферных загрязнителей рекомендуется, в частности:

- Ограничить неорганизованные выбросы из труб, клапанов, уплотнений, резервуаров и других узлов инфраструктуры за счет постоянного мониторинга с помощью устройств детектирования паров и технического обслуживания или, по мере необходимости, замены узлов в приоритетном порядке;
- Поддерживать стабильное давление и паровоздушное пространство в резервуарах за счет:
 - Координации графика заполнения и откачки, а также уравнивания давления в резервуарах (процесс, при котором пары, вытесняемые при заполнении резервуара, перепускаются в

- паровоздушное пространство опорожняемого резервуара, или в иную ёмкость в порядке подготовки к рекуперации паров);
- Использования краски белого или иного цвета с низкой теплопоглощающей способностью для окраски внешней поверхности резервуаров – хранилищ более легких фракций, таких, как бензин, этанол и метанол, в целях уменьшения поглощения тепла. Следует учитывать возможное зрительное воздействие света, отражаемого резервуарами;
 - Исходя из ёмкости хранилища и упругости паров хранимого продукта, подобрать в целях минимизации потерь при хранении и производственных потерь конкретный тип резервуаров-хранилищ в соответствии с принятыми международными стандартами проектирования²;
 - Сводить к минимуму потери при хранении и производственные потери в резервуарах-хранилищах со стационарной крышей за счет установки внутренней плавающей крыши и затворов³;
 - В целях сведения к минимуму потерь от испарения следует проектировать и устанавливать деки, патрубки и ободное уплотнение в резервуарах-хранилищах с плавающей крышей в соответствии с международными стандартами⁴;
 - Рассмотреть возможность использования при погрузке-разгрузке транспортных средств систем подачи и отвода, шлангов сбора резервуарных паров и паронепроницаемых автомобильных, железнодорожных цистерн и танкерных резервуаров;
 - Для сведения к минимуму выбросов паров использовать систему налива автомобильных / железнодорожных цистерн с наливом снизу; а также
 - В случае, если выбросы паров могут способствовать или привести к ухудшению качества атмосферного воздуха по сравнению с нормативами, разработанными исходя из принципов охраны здоровья, рассмотреть возможность оборудования объекта вторичными средствами ограничения выбросов, такими, как установки конденсации и рекуперации паров, каталитические окислительные установки, средства адсорбции газа, холодильные или масло-абсорбционные установки.

² Например, согласно Стандарту АПИ 650 «Сварные стальные резервуары для хранения нефти» (API Standard 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage, 1998), новые, модифицированные или реконструированные резервуары объёмом не менее 40 000 галлонов (151 450 л), в которых хранятся жидкости с давлением пара от 0.75 фунта на квадратный дюйм (5,17 кПа) до 11,1 фунта на квадратный дюйм (76,53 кПа), либо объёмом не менее 20 000 галлонов (75 725 л), в которых хранятся жидкости с давлением пара от 4 фунтов на квадратный дюйм (27,58 кПа) до 11,1 фунта на квадратный дюйм (76,53 кПа), должны быть снабжены: стационарной крышей в сочетании с внутренней плавающей крышей, снабженной механическим башмачным первичным затвором, контактирующим с продуктом, либо внешней плавающей крышей, снабженной механическим башмачным первичным затвором, контактирующим с продуктом, сплошным вторичным затвором, смонтированным на вершине стенки резервуара (причем оба затвора должны удовлетворять определенным минимальным требованиям к величине зазора) и кожухами с уплотнением на патрубках крыши, либо системой закрытой продувки и контрольным устройством с эффективностью 95 %.

³ Доступ персонала в резервуары следует организовывать только в соответствии с порядком входа в замкнутое пространство на основании предварительного разрешения, как указано в Общем руководстве по ОСЗТ.

Парниковые газы (ПГ)

Образование существенных объемов диоксида углерода (CO₂) возможно в процессе производства синтез-газа – главным образом, во время конверсии монооксида углерода

⁴ Среди примеров: Стандарт АПИ 620 «Проектирование и производство сварных резервуаров-хранилищ низкого давления большой вместимости» (API Standard 620: Design and Construction of Large, Welded, Low-pressure Storage Tanks, 2002); Стандарт АПИ 650 «Сварные стальные резервуары для хранения нефти» (1998) и Европейский стандарт (ЕН) 12285-2:2005 Европейского Союза (ЕС) «Стальные резервуары промышленного производства для наземного хранения горючих и негорючих жидкостей, вызывающих загрязнение воды» (European Standard (EN) 12285-2:2005, Workshop fabricated steel tanks for the aboveground storage of flammable and non-flammable water polluting liquids, 2005).

водяным паром, – а также при любых процессах горения (например, при производстве электроэнергии и сжигании побочных продуктов, либо при комбинированном производстве тепла и электричества). Рекомендации по экономии энергии и ограничению выбросов парниковых газов зависят от характера проекта и места его реализации, однако могут включать некоторые из рассмотренных в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Владельцам комплексных предприятий следует рассмотреть возможность применения в рамках таких предприятий общего подхода к процессу выбора производственных технологий и инженерных сетей.

Твёрдые частицы, тяжёлые нефтепродукты и тяжёлые металлы

В процессе подготовки (например, при работе сушилок), газификации (например, при подаче сырья и удалении золы) и сжигания угля возможно формирование точечных источников выбросов пыли и тяжёлых нефтепродуктов (смола). Следует подобрать соответствующую технологию минимизации выбросов твёрдых частиц. В процессе газификации угля возможны выбросы в атмосферу содержащихся в угле тяжёлых металлов.

Большую часть тяжёлых металлов можно удалить с помощью мокрого скруббера. Для удаления ртути из угля с её повышенным содержанием может потребоваться технология абсорбции. Рекомендации по ограничению выбросов твёрдых частиц рассмотрены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Кислые газы и аммиак

Отходящие газы, выбрасываемые из дымовой трубы установки Клауса по восстановлению серы, представляют собой смесь инертных газов, содержащих диоксид серы (SO₂), и являются существенным источником выбросов в

атмосферу в процессе переработки угля. В процессе газификации могут также образовываться такие загрязнители, как сероводород (H₂S), сероокись углерода (COS), сероуглерод (CS₂), монооксид углерода (CO), аммиак (NH₃) и цианистый водород (HCN). Обычно львиная доля этих газов (более 99 процентов) улавливается при очистке синтез-газа. Процессы сжигания, включая работы с баками для приготовления угольной пульпы, могут привести к выбросам иных кислых газов и летучих органических соединений. Для ограничения выбросов кислых газов и аммиака рекомендуется, в частности, принимать следующие меры:

- Внедрить технологический процесс восстановления серы (например, установку Клауса) во избежание выбросов H₂S;
- Продувать баки для приготовления угольной пульпы с использованием отводимого воздуха в качестве воздуха для горения в процессе производства электроэнергии или тепла;
- В целях сокращения выбросов диоксида серы внедрить скрубберную очистку с помощью либо окислительных, либо восстановительных скрубберов хвостовых газов, а также скрубберов Вентури;
- В случае установки устройств для термического окисления сернистых соединений эксплуатировать такие устройства при температурах не ниже 650 градусов по Цельсию (°C) и соответствующем составе топливо-воздушной смеси с целью полного дожигания H₂S; а также
- Обеспечить доступ к дымовым трубам с целью установки и эксплуатации контрольных приборов (например, для мониторинга выбросов SO₂ из установок Клауса и печей дожига газов).

Отходящие газы

Сжигание синтез-газа или газойля для производства электроэнергии или тепла на предприятиях по переработке угля является существенным источником выбросов в атмосферу CO₂, оксидов азота (NO_x), SO₂, а при ненадлежащем функционировании горелок – и монооксида углерода (CO).

Указания по ограничению выбросов из малых источников горения, предназначенных для генерации электрической или механической энергии, пара, тепла или любого их сочетания, независимо от вида топлива, с совокупной номинальной тепловой мощностью до 50 мегаватт тепловой энергии (МВт тепл.) приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Указания, касающиеся источников горения мощностью более 50 МВт тепл., содержатся в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**.

Выбросы, связанные с эксплуатацией энергоустановок, следует сводить к минимуму посредством реализации комплексной стратегии, предусматривающей сокращение потребностей в энергии, использование более экологически чистых видов топлива и, в необходимых случаях, - применение методов ограничения выбросов. Рекомендации по рациональному использованию энергии приводятся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Выпуск и факельное сжигание

Выпуск и факельное сжигание являются важными эксплуатационными мерами и мерами обеспечения безопасности. Они применяются на объектах переработки угля для обеспечения безопасного сброса газа и других углеводородов при аварийных ситуациях, отключении питания и отказе оборудования или возникновении других нештатных условий на установке. Кроме того, посредством

выпуска и факельного сжигания осуществляется устранение непрореагировавших исходных материалов и горючих газов – побочных продуктов технологического процесса. Избыток газа не следует сбрасывать, вместо этого его следует направлять для уничтожения в эффективную систему факельного сжигания.

С целью сведения выпуска и факельного сжигания газа к минимуму рекомендуется, в частности:

- Оптимизировать систему управления установкой с целью повысить степень конверсии исходного материала;
- По возможности, использовать непрореагировавшие исходные материалы и горючие газы, образовавшиеся как побочные продукты, для выработки электроэнергии или рекуперации тепла;
- В целях обеспечения максимальной практически достижимой надежности установки предусмотреть дублирование систем; а также
- Размещать установку факельного сжигания на безопасном расстоянии от мест размещения персонала и жилых территорий, и организовать её техническое обслуживание для обеспечения высокой эффективности её работы.

Аварийный выпуск приемлем только при особых условиях, когда факельное сжигание потока газа нецелесообразно. Для анализа таких ситуаций следует использовать стандартные методики оценки рисков. Обоснование того, почему не используется система факельного сжигания газа, должно быть полностью документировано до того, как будет рассматриваться вопрос о сооружении установки аварийного выброса газа в атмосферу.

Сточные воды

Технологические сточные воды

Технологические сточные воды могут быть загрязнены углеводородами, аммиаком и аминами, кислородсодержащими соединениями, кислотами, неорганическими солями и следами ионов тяжелых металлов. В число рекомендуемых способов нейтрализации воздействия технологических сточных вод входят:

- Предотвращение случайных выбросов жидкости путем проверок и технического обслуживания систем хранения и транспортировки, включая сальники насосов и другие точки возможной утечки, а также внедрение планов реагирования на разливы;
- Обеспечение достаточной мощности установки по восстановлению технологических жидкостей для максимального возвращения в технологический процесс и исключения массового сброса технологических жидкостей в дренажные системы для нефтесодержащих вод; а также
- Проектирование и строительство огражденных бассейнов с непроницаемыми поверхностями для хранения сточных вод и опасных материалов, чтобы избежать проникновения загрязненной воды в почву и подземные воды.

В число конкретных мер по нейтрализации воздействия определенных видов сточных вод входят:

- В случае утечки аминов из системы выщелачивания диоксида углерода, следующей в технологической цепочке за установкой газификации, амины следует отводить в специальную закрытую дренажную систему и направлять после фильтрации на повторное использование в технологическом процессе;

- Стоки из отгонной колонны блока синтеза Фишера-Тропша, содержащие растворенные углеводороды и кислородсодержащие соединения (главным образом, спирты и органические кислоты), а также небольшое количество кетонов, следует подвергнуть рециркуляции внутри блока синтеза Фишера-Тропша, чтобы извлечь из этих стоков в отгонной колонне углеводороды и кислородсодержащие соединения;
- Кислые и щелочные стоки с подготовки деминерализованной воды, образование которых зависит от качества потребляемой предприятием сырой воды, необходимо нейтрализовать перед сбросом в заводскую систему очистки сточных вод;
- При частичном сбросе оборотной воды из систем производства пара и градирен следует охлаждать её перед сбросом. Если же охлаждающая вода содержит биоциды или иные присадки, это может также потребовать изменения дозировки или очистки в заводской системе очистки сточных вод перед сбросом; а также
- Загрязненную углеводородами воду с процессов регламентной промывки при плановом профилактическом ремонте (промывка обычно проводится ежегодно и продолжается несколько недель), нефтесодержащие стоки, возникающие при технологических утечках, а также содержащие тяжелые металлы стоки от реакторов с фиксированным слоем и с псевдоожиженным слоем следует очищать на заводской установке очистки сточных вод.

Очистка технологических сточных вод

Методы очистки технологических сточных вод в этой отрасли включают разделение источников и предварительную обработку концентрированных потоков сточных вод. Типовые стадии очистки сточных вод

включают ловушки для смазочных материалов, средства сбора поверхностной пленки, флотацию растворенным воздухом или водомасляные сепараторы для разделения масел и пригодных для флотации твердых веществ; фильтрацию для отделения фильтруемых твердых веществ; усреднение расходов и нагрузок; осаждение для уменьшения содержания взвешенных веществ с помощью осветлителей; биологическую очистку, типовую аэробную обработку для снижения уровня растворимых органических веществ (БПК); химическое или биологическое удаление биогенных веществ для снижения уровня азота и фосфора; хлорирование стоков, если требуется дезинфекция; обезвоживание и удаление отстоя в места, предназначенные для размещения вредных отходов. Могут потребоваться дополнительные технические меры для i) сбора и очистки летучих органических соединений, отогнанных при работе различных установок в системе очистки сточных вод; ii) дополнительного удаления металлов с помощью мембранной фильтрации или других физико-химических методов очистки; iii) удаления стойких органических веществ и не подверженного биологическому разложению соединений, поддерживающих высокий уровень ХПК, с помощью активированного угля или дополнительного химического окисления; iv) снижения токсичности стоков с помощью подходящих методов (типа обратного осмоса, ионного обмена, активированного угля и т. п.); и v) удерживания и нейтрализации неприятных запахов.

Вопросы отведения и очистки промышленных сточных вод и примеры подходов к такой очистке рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Благодаря использованию таких технологий и передовой практики в области отведения и очистки сточных вод предприятия могут достичь нормативных показателей по сбросу сточных вод,

которые приведены в соответствующей таблице раздела 2 настоящего документа для данной отрасли промышленности. Рекомендации по сокращению потребления воды, особенно если она является ограниченным природным ресурсом, приводятся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Прочие виды сточных вод и потребление воды

Указания по отведению и очистке незагрязненных сточных вод, образующихся в процессе функционирования инженерных сетей, незагрязненных дождевых стоков и хозяйственно-бытовых стоков, приведены в Общем руководстве по ОСЗТ. Загрязненные стоки следует направлять в систему очистки технологических сточных вод. Дополнительные указания по конкретным видам сточных вод приводятся ниже.

Ливневые стоки. Ливневые стоки могут оказаться загрязненными вследствие попадания в них технологических жидкостей, а также миграции с участков хранения угля фильтрата, содержащего углеводороды и тяжелые металлы. Применительно к предприятиям данной отрасли рекомендуется, в частности:

- Предусматривать наличие твердых покрытий на площадках, где выполняются технологические операции, отделять загрязненные ливневые стоки от незагрязненных и реализовывать планы борьбы с разливами. Направлять ливневые стоки с производственных участков в установку очистки сточных вод; а также
- Проектировать и размещать угольные склады и сопутствующие системы сбора фильтрата, таким образом, чтобы не допустить воздействия на земельные и водные ресурсы. Площадки для

складирования угля должны иметь твердое покрытие, чтобы обеспечить сбор потенциально загрязненных ливневых стоков, которые следует направлять в заводскую установку очистки сточных вод.

Вода для охлаждения. Использование воды для охлаждения может привести к её повышенному потреблению, а также возможному сбросу горячей воды, остатков биоцидов, а также остатков других средств, применяемых в системах охлаждения для предотвращения обрастания трубопроводов. Рекомендуемые стратегии рационального водопользования для целей охлаждения включают следующие меры:

- Внедрение изложенной в **Общем руководстве по ОСЗТ** практики экономичного водопотребления используемыми на предприятиях системами охлаждения;
- Применение методов утилизации тепла (одновременно повышающих эффективность использования энергии) или иных методов охлаждения для снижения температуры нагретой воды перед ее сбросом таким образом, чтобы температура на границе определенной научными методами (с учетом качества природной воды, вида водопользования, ассимилирующей способности водоприемника и т.д.) зоны смешивания не превышала бы температуру окружающей среды более чем на 3°C;
- Сведение к минимуму применения средств против биологического обрастания и ингибиторов коррозии за счет: установления соответствующей глубины водозабора и использования решетчатых фильтров; подбора наименее опасных вариантов с точки зрения возможной токсичности, способности к биологическому разложению, биодоступности и бионакопления;

обеспечения соответствия дозировки этих средств местным нормативным требованиям и рекомендациям изготовителя; а также

- Проведение анализов воды для охлаждения на остаточное присутствие биоцидов и других вызывающих озабоченность загрязнителей с целью определения необходимости изменения дозировки или очистки воды перед ее сбросом.

Вода гидростатических испытаний. Гидростатические испытания оборудования и трубопроводов включают испытания под давлением с помощью воды (обычно отфильтрованной неочищенной воды) для проверки их целостности и выявления возможных утечек. К воде могут быть добавлены химические присадки – например, ингибиторы коррозии, поглотители кислорода и красители. Рациональное использование воды гидростатических испытаний требует принятия приведенных ниже мер предотвращения и ограничения ее загрязнения:

- Повторно использовать воду для гидростатических испытаний несколько раз в целях её экономии и сведения к минимуму объемов потенциально загрязненных стоков;
- Снижать применение ингибиторов коррозии и других химикатов, сводя к минимуму время выдержки воды для испытаний в оборудовании или в трубопроводе; а также
- Подбирать наименее опасные химикаты с точки зрения возможной токсичности, способности к биологическому разложению, биодоступности и бионакопления, и обеспечивать соответствие дозировки этих средств местным нормативным требованиям и рекомендациям изготовителя.

Если единственный возможный вариант удаления состоит в сбросе воды гидростатических испытаний в море или поверхностные воды, то необходимо подготовить план выпуска воды после гидростатических испытаний с учетом точки сброса, скорости сброса, использования и диспергирования любых химикатов, риска для окружающей среды и требуемого мониторинга. Следует избегать сброса воды гидростатических испытаний в мелководных прибрежных зонах.

Опасные материалы

Предприятия по переработке угля производят значительные количества опасных материалов, включая сырье, промежуточные и конечные продукты, а также побочные продукты. В целях предотвращения или минимизации воздействия этих опасных материалов на окружающую среду следует надлежащим образом организовать их перегрузку, хранение и транспортировку. Практические рекомендации по обращению с опасными материалами, включая перегрузку, хранение и транспортировку, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Отходы

К числу безопасных отходов относятся зольный остаток от сжигания угля, шлак, зола-унос и угольный шлам, образующийся при хранении угля. Зольный остаток и шлак⁵ – это крупнозернистые негорючие побочные продукты, собираемые со дна установок для газификации угля. Зола-унос также улавливают в реакторах. Шлаки и зола обычно образуются в значительном количестве, которое зависит от качества используемого предприятием угля. Внешний вид золы зависит от процесса газификации.

⁵ Ресурсный центр по повторному использованию материалов (Recycling Materials Resource Center RMRC), «Зольный остаток / топочный шлак» (Coal Bottom Ash/Boiler Slag), доступно по адресу: <http://www.rmrc.unh.edu/Partners/UserGuide/cbabs1.htm>

К числу потенциально опасных отходов обычно относятся отработанные катализаторы, масла, растворители, растворы реагентов, фильтры, отработанные фильтрующие блоки, тяжелые фракции из блока очистки установки синтеза, использованные ёмкости, минеральные спирты, отработанные нейтрализующие агенты, отработанные амины для удаления CO₂, фильтры с активированным углем и загрязненный нефтью шлам с водомасляных сепараторов, отработанные или использованные жидкости для эксплуатации и технического обслуживания (например, масла и жидкости для испытаний), а также осадки, образующиеся при очистке сточных вод.

Общие рекомендации по удалению и обезвреживанию опасных отходов приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Характерные для данной отрасли методики удаления и обезвреживания опасных отходов описаны ниже.

Зольный остаток, шлак и зола-унос

Допускается возвращение зольного остатка, шлака и золы-уноса в оборот, в зависимости от их токсичности и радиоактивности, и при наличии экономически и технически обоснованных вариантов использования. Рекомендуется, в частности, применять следующие способы их возвращения в оборот:

- Использование зольного остатка в качестве заполнителя в легких бетонных блоках, вяжущего материала при изготовлении портландцемента, заполнителя для основания дорожной одежды и дорожной одежды или подсыпочно материала, а также мелкого заполнителя в асфальтовых покрытиях и текучего заполнителя;

- Использование шлака в качестве крошки для дробеструйной обработки, гранул для кровельного гонта, для зимнего содержания автомобильных дорог, заполнителя в асфальтовых покрытиях, текучего заполнителя, а также в основании дорожной одежды и дорожной одежде;
- Использование золы-уноса в строительных материалах, где необходим пуццолановый материал.

В случае, если по причине токсичности или радиоактивности этих материалов, либо отсутствия экономически и технически обоснованных вариантов их альтернативного использования возвращение их в оборот невозможно, они подлежат захоронению на лицензированном полигоне, спроектированном и эксплуатируемом в соответствии с надлежащей международной отраслевой практикой⁶.

Шлам, образующийся при хранении угля

Шлам из угольной пыли, образующийся при хранении и обогащении угля, следует, при наличии технической возможности, высушивать и повторно использовать либо возвращать в оборот. Одним из возможных вариантов может быть повторное использование в качестве исходного сырья в процессе газификации, в зависимости от применяемой технологии газификации. Перегрузку, транспортировку и обработку этого шлама на месте эксплуатации и за пределами предприятия следует осуществлять в соответствии с рекомендациями по обращению с безопасными промышленными отходами, содержащимися в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

⁶ Дополнительные указания по удалению опасных и безопасных промышленных отходов содержатся в **Руководстве по ОСЗТ для предприятий по переработке отходов**.

Отработанные катализаторы

Источником отработанных катализаторов является плановая замена слоя катализатора в установках обессеривания природного газа, реакторах Фишера-Тропша, установках изомеризации, каталитического крекинга и синтеза метанола. В зависимости от процесса, отработанные катализаторы могут содержать цинк, никель, железо, кобальт, платину, палладий и медь.

Применительно к отработанным катализаторам рекомендованные методики удаления и обезвреживания опасных отходов включают следующее:

- Надлежащее обращение на месте эксплуатации, включая погружение отработанного пиррофорного катализатора в воду при временном хранении и транспортировке, вплоть до достижения конечного пункта переработки, во избежание неконтролируемой экзотермической реакции;
- Возврат отработанного катализатора изготовителю для регенерации; а также
- Обработка за пределами предприятия силами специализированных компаний, способных извлечь из отходов тяжелые или драгоценные металлы путем их рекуперации и вторичного использования, если это возможно, либо удаление отработанных катализаторов или их неизвлекаемых компонентов иным образом в соответствии с рекомендациями по обращению с опасными и безопасными отходами, приведенными в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Катализаторы, содержащие палладий и платину, следует направлять на предприятие по утилизации благородных металлов.

Тяжелые фракции

Тяжелые фракции, отделяемые в блоке очистки установки синтеза метанола, обычно сжигаются в паровом котле, оснащенном специальной горелкой.

Шум

К основным источникам шума на предприятиях по переработке угля относятся физическая обработка угля (например, просеивание, размол, распределение по размеру и сортности) и крупные ротационные машины (например, компрессоры, турбины, насосы, электродвигатели, аппараты воздушного охлаждения и нагреватели). При аварийном сбросе давления может создаваться высокий уровень шума за счет подачи в факел газов под высоким давлением и/или выпуска пара в атмосферу. Общие рекомендации по нейтрализации воздействия шума приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

1.2 Охрана труда и техника безопасности

Конкретные проблемы охраны труда и техники безопасности для предприятия должны определяться в процессе анализа безопасности на рабочем месте или комплексной оценки опасных факторов либо факторов риска с помощью принятых методик, таких, как исследование с целью выявления опасных факторов [HAZID], исследование опасных факторов и работоспособности [HAZOP] либо оценка рисков на основе различных вариантов развития событий [QRA].

В качестве общего подхода планирование организационной деятельности в области охраны труда и техники безопасности должно включать принятие описанного в **Общем руководстве по ОСЗТ** системного и структурированного подхода к предотвращению и

ограничению воздействия физических, химических, биологических и радиологических опасных и вредных производственных факторов.

Наиболее существенные вредные и опасные производственные факторы возникают на этапе эксплуатации предприятия по переработке угля и, в первую очередь, включают:

- Безопасность производственного процесса
- Выбросы газа, обогащённого кислородом
- Атмосферу с недостатком кислорода
- Факторы опасности для органов дыхания
- Пожары и взрывы

Безопасность производственного процесса

Принимая во внимание специфику отрасли, в том числе сложные химические реакции, использование опасных материалов (например, токсичных, химически активных, горючих и взрывоопасных веществ) и многоступенчатые реакции, следует внедрить программы обеспечения безопасности технологического процесса. Обеспечение безопасности технологического процесса включает следующие мероприятия:

- Анализ физической опасности материалов и реакций;
- Исследования по анализу опасных факторов для рассмотрения химических основ технологического процесса и технических приемов, включая термодинамику и кинетику;
- Проверка профилактического технического обслуживания и поддержания механической целостности технологического оборудования и инженерных сетей;
- Обучение работников; а также

- Разработка инструкций по эксплуатации и порядка аварийного реагирования.

Выбросы газа, обогащённого кислородом

Утечки обогащённого кислородом газа из воздуходелительных установок и формирование обогащённой кислородом атмосферы создают риск возникновения пожара. В обогащённой кислородом атмосфере материалы, волосы и одежда способны пропитаться кислородом, который при воспламенении может вызвать интенсивное горение. К числу мер профилактики и контроля, направленных на снижение риска воздействия обогащенной кислородом среды на территории предприятия и за его пределами, входят:

- Установка автоматизированной системы аварийного отключения, способной обнаруживать неконтролируемое выделение кислорода и предупреждать о нем (включая наличие обогащенной кислородом атмосферы на рабочих местах⁷), а также инициировать процесс отключения, сводя, таким образом, к минимуму продолжительность выбросов и устраняя потенциальные источники возгорания;
- Проектирование объектов и компонентов в соответствии с действующими отраслевыми стандартами техники безопасности, избегая размещения кислородных трубопроводов в замкнутом пространстве, применяя искробезопасные электроустановки и системы кислородной вентиляции в масштабе объекта, спроектированные с надлежащим учетом потенциального воздействия отводимого газа;

⁷ Рабочие зоны, в которых может возникать атмосфера с избытком кислорода, следует оснастить системами мониторинга, способными выявлять такие условия. Работников также следует снабдить индивидуальными приборами мониторинга. Оба типа систем мониторинга должны подавать предупредительный сигнал тревоги при концентрации O₂ в воздухе 23,5%.

- Внедрение порядка производства огневых работ и разрешительного порядка вхождения в замкнутое пространство, с обязательным учетом потенциальной возможности выброса кислорода;
- Внедрение эффективных методов административно-хозяйственной деятельности, позволяющих избежать накопления легковоспламеняющихся материалов;
- Разработка и внедрение планов готовности к аварийным ситуациям и мер реагирования, предусматривающих конкретный порядок борьбы с неконтролируемыми выбросами кислорода; а также
- Обеспечение предприятия надлежащими средствами предупреждения и тушения пожаров, как описано ниже (Пожаро- и взрывоопасность).

Атмосфера с недостатком кислорода

Возможность выделения и накопления газообразного азота на рабочих местах может привести к возникновению удушливой атмосферы за счет вытеснения кислорода. Меры предотвращения и контроля для снижения риска выделения удушливого газа включают:

- Проектирование и установку системы вентиляции азота в соответствии с отраслевыми стандартами;
- Установка автоматизированной системы аварийного отключения, способной обнаруживать неконтролируемое выделение азота и предупреждать о нем (включая наличие атмосферы с недостатком кислорода на рабочих местах⁸), включать принудительную вентиляцию и сводить к минимуму продолжительность выбросов; а также

⁸ Рабочие зоны, в которых может возникать атмосфера с недостатком кислорода, следует оснастить системами мониторинга, способными выявлять такие условия. Работников также следует снабдить индивидуальными приборами мониторинга. Оба типа систем мониторинга должны подавать предупредительный сигнал тревоги при концентрации O₂ в воздухе 19,5%.

- Внедрение порядка входа в ограниченное пространство, как описано в **Общем руководстве по ОСЗТ**, с учетом конкретных опасных производственных факторов на данном предприятии.

Факторы опасности для органов дыхания

Воздействие химических веществ на предприятиях по переработке угля связано, главным образом, со вдыханием угольной пыли, летучих частиц каменноугольного пека, монооксида углерода и иных паров, таких, как метанол и аммиак. У работников, подверженных воздействию угольной пыли, может развиться поражение легких и пневмофиброз. Воздействие монооксида углерода приводит к образованию карбоксигемоглобина (СОHb), угнетающего способность красных кровяных телец переносить кислород. При слабом воздействии могут проявляться такие симптомы, как головная боль, головокружение, потеря концентрации, ухудшение координации в системе «глаз-рука», слабость, спутанность сознания, потеря ориентации, сонливость, тошнота и нарушения зрения. Более сильное или продолжительное воздействие может привести к потере сознания и к смерти.

Проблемы возможного воздействия выбросов химических веществ на органы дыхания работников в процессе штатной эксплуатации предприятия следует решать на основе результатов анализа безопасности на рабочем месте и исследований по промышленной гигиене в соответствии с указаниями по охране труда и технике безопасности, приведенными в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Меры защиты включают обучение работников, систему разрешения на проведение работ, использование индивидуальных средств защиты (ИСЗ) и систем обнаружения токсичных газов с тревожной сигнализацией.

Пожаро- и взрывоопасность

Хранение и обогащение угля

Уголь подвержен самовозгоранию, чаще всего – вследствие окисления пирита или иных присутствующих в нем сернистых примесей⁹.¹⁰ Пожаро- и взрывоопасными являются и работы по обогащению угля, что связано с образованием угольной пыли, способной к возгоранию, в зависимости от ее концентрации в воздухе и наличия источников воспламенения. Таким образом, угольная пыль является серьезным источником опасности взрыва в местах хранения и погрузки/разгрузки угля, где возможно образование облака угольной пыли в замкнутом пространстве. Облака пыли могут образовываться и в любых местах свободного скопления угольной пыли – например, на выступающих частях конструкций. Для предотвращения и уменьшения риска возникновения пожаров и взрывов в закрытых угольных складах рекомендуется, в частности, применять следующие меры:

- Хранить уголь в штабелях таким образом, чтобы предотвратить или свести к минимуму вероятность возгорания, в том числе:
 - Уплотнять штабеля угля, чтобы сократить объем воздуха внутри штабеля,
 - Сводить к минимуму сроки хранения угля,
 - Избегать размещения штабелей угля над источниками тепла, такими, как паропроводы и колодцы,

⁹ Национальная ассоциация пожарной защиты (НАПЗ) США. Стандарт 850 «Меры противопожарной защиты, рекомендуемые для электростанций и высоковольтных выпрямительно-инверторных станций» (NFPA Standard 850: Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations, 2000).

¹⁰ НАПЗ, Стандарт 120 «Стандарт предупреждения и тушения пожаров в угольных шахтах» (NFPA. Standard 120: Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines, 2004).

- Сооружать постройки для хранения угля из негорючих материалов,
- Проектировать постройки для хранения угля таким образом, чтобы свести к минимуму площадь поверхностей, на которых может оседать угольная пыль, и оборудовать их системами пылеудаления, а также
- Вести постоянный мониторинг образования очагов возгорания угля с помощью датчиков температуры. При обнаружении таких очагов воспламенившийся уголь следует удалять. Следует обеспечить свободный доступ службам пожаротушения;
- Устранять потенциальные источники возгорания и обеспечивать соответствующее заземление оборудования во избежание риска накопления зарядов статического электричества. Все электрооборудование и механизмы, эксплуатируемые внутри огражденных участков или закрытых помещений для хранения угля, должны быть допущены к эксплуатации в условиях повышенной опасности и снабжены искробезопасными двигателями;
- Предусмотреть в конструкции всех электрических цепей возможность автоматического дистанционного отключения; а также
- Устанавливать на огражденных участках хранения угля соответствующие системы боковой вентиляции с целью снижения концентрации метана, монооксида углерода и летучих продуктов окисления угля на воздухе, а также для отвода дыма в случае пожара.
- Проводить сухую сортировку угля, его дробление, сухое обогащение, размол, тонкое измельчение и прочие операции в азотной среде или с применением других способов предотвращения взрывов, например, вентиляции;
- Размещать объекты таким образом, чтобы свести к минимуму последствия возможного пожара или взрыва для иных крупных строений и оборудования;
- Рассмотреть возможность регулирования влажности угля до его использования, в зависимости от требований применяемой технологии газификации;
- Внедрить отказоустойчивую систему мониторинга содержания метана в воздухе и останавливать работы в случае, если содержание метана достигнет 40 процентов нижнего предела взрывоопасной концентрации;
- Установить и поддерживать в надлежащем техническом состоянии системы обеспыливания для нейтрализации неорганизованных выбросов от оборудования или механизмов для транспортировки угля.

Переработка угля

Риски пожара и взрыва, возникающие в связи с технологическим процессом, включают риск аварийного выброса синтез-газа (содержащего монооксид углерода и водород), кислорода, метанола и аммиака. Выброс синтез-газа под высоким давлением может привести к струйному горению или вызвать взрыв облака паров (ВОП), образование «огненного шара» или вспышку, в зависимости от количества участвующего горючего материала и степени локализации облака. Водород и монооксид углерода могут возгораться даже в отсутствии источника возгорания, если их температура становится выше температуры

Для предотвращения и уменьшения риска взрывов, связанных с обогащением угля в закрытых помещениях рекомендуется, в частности, применять следующие меры:

самовозгорания, составляющей соответственно 500°C и 609°C. Разлив горючей жидкости может вызвать пожар пролива. В число рекомендуемых мер предотвращения и ограничения рисков пожара и взрыва в связи с технологическим процессом входят:

- Обеспечение раннего обнаружения выброса, например, внедрение контроля давления в системах подачи газа и жидкостей в дополнение к тепловым и дымовым датчикам пожарной сигнализации;
- Ограничение масштабов возможных аварийных выбросов путем изоляции крупных хранилищ от технологических операций;
- Исключение возможных источников возгорания (например, прокладывая трубопроводы таким образом, чтобы разлив не мог произойти на горячую трубу, оборудование и/или ротационные машины);
- Ограничение возможного воздействия пожаров и взрывов за счет изоляции производственных помещений, хранилищ, инженерных сетей и безопасных участков, а также обеспечения надлежащего расстояния между ними. Безопасное расстояние можно определить на основе конкретного анализа безопасности для предприятия, а также опираясь на признанные на международном уровне стандарты пожарной безопасности¹¹;
- Ограничение участков, на которых могут происходить аварийные разливы, следующими способами:
 - определение пожароопасных участков и оборудование их на случай аварийных разливов дренажной системой для сбора горючих жидкостей и их отвода на безопасный огражденный участок,

включая обеспечение резервуаров-хранилищ вторичной защитной оболочкой;

- усиление конструкции зданий или установка пожарных либо взрывных перегородок на участках, где невозможно соблюсти соответствующее расстояние разделения;
- проектирование системы канализации для загрязненных нефтью стоков так, чтобы избежать распространения пламени.

1.3 Охрана здоровья и обеспечение безопасности местного населения

Последствия для здоровья и безопасности местного населения в период строительства и вывода из эксплуатации объектов по переработке угля аналогичны характерным для большинства других промышленных объектов и рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Наибольшая опасность для здоровья и безопасности местного населения в связи с предприятиями по переработке угля возникает на стадии их эксплуатации и включает угрозу крупных аварий в связи с возможными пожарами и взрывами либо аварийным сбросом готовой продукции во время транспортировки за пределами перерабатывающего предприятия. Указания по решению этих проблем приведены в соответствующих разделах **Общего руководства по ОСЗТ**, в частности, «Обращение с опасными материалами» (включая подраздел «Основные опасные факторы»), «Безопасность дорожного движения», «Транспортировка опасных материалов» и «Готовность к чрезвычайным ситуациям и аварийное реагирование». Соответствующие дополнительные указания, касающиеся морских и железнодорожных перевозок, а также береговых сооружений, можно найти в Руководствах по ОСЗТ для

¹¹ Например, Стандарт 30 НАПЗ « Кодекс норм по работе с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями» (NFPA Standard 30: Flammable and Combustible Liquids Code, 2003).

судоходства, для железных дорог, для портов и гаваней и
для терминалов по перевалке сырой нефти и
нефтепродуктов.

2.0 Показатели эффективности и мониторинг

2.1 Охрана окружающей среды

Нормативы выбросов и сбросов

Значения нормативов выбросов и сбросов для данной отрасли приводятся в Таблицах 1 и 2. Значения нормативов для сточных вод, образующихся при технологических процессах в данной отрасли, отражают надлежащую международную отраслевую практику, отраженную в соответствующих стандартах стран с пользующейся признанием нормативной базой. Эти нормативы представляются достижимыми при нормальных условиях эксплуатации на надлежащим образом спроектированных и эксплуатируемых объектах с применением методов предупреждения и ограничения загрязнения окружающей среды, рассмотренных в предшествующих разделах настоящего документа.

Нормативы выбросов распространяются на выбросы при технологических процессах. Нормативы выбросов из источников сгорания, связанных с производством пара и электроэнергии установками мощностью не выше 50 мВт тепл., приводятся в **Общем руководстве по ОСЗТ**, а выбросов из более мощных установок – в **Руководстве по ОСЗТ для тепловых электростанций**. Указания по вопросам охраны окружающей среды с учетом совокупного объема выброшенных в окружающую среду загрязнителей содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Нормативы сбросов применяются к очищенным стокам, сбрасываемым непосредственно в поверхностные водотоки для общего водопользования. В зависимости от наличия и

условий использования коммунальных систем канализации и очистки сточных вод, а в случае сброса непосредственно в поверхностные водные объекты – в зависимости от вида пользования водоприемником в соответствии с классификацией, приводимой в **Общем руководстве по ОСЗТ**, для конкретных объектов могут вводиться особые нормативы по сбрасываемым стокам. Эти нормативы следует обеспечивать, без дальнейшего разбавления, по меньшей мере, в течение 95 процентов времени работы предприятия (исходя из общей продолжительности его работы в течение года). Отклонение от этого уровня ввиду специфических для данного проекта местных условий следует обосновать в экологической оценке.

Использование ресурсов, потребление энергии, выбросы в атмосферу и образование отходов

В таблице 3 приведены примеры показателей потребления ресурсов – энергии и воды – для данной отрасли. В таблице 4 приведены примеры показателей атмосферных выбросов и образования отходов. Контрольные показатели для отрасли приводятся только для сравнения, и исполнителям конкретных проектов следует ставить перед собой задачи постоянного улучшения показателей в этой области. Соответствующие контрольные показатели для предприятий по переработке угля можно определить на основе показателей процесса газификации угля для крупных теплоэлектростанций. Выбросы от установок газификации, на которых производится синтез-газ для синтеза Фишера-Тропша, должны быть существенно ниже в силу требований, предъявляемых к чистоте используемого для синтеза катализатора.

Мониторинг состояния окружающей среды

Программы мониторинга состояния окружающей среды для данной отрасли следует выстраивать с учетом необходимости охвата всех видов деятельности, у которых выявлен потенциал существенного воздействия на состояние окружающей среды как в нормальном, так и в нештатном режиме. Мониторинг состояния окружающей среды следует вести по прямым или косвенным показателям выбросов, стоков и использования ресурсов, применимым к данному проекту. Частота проведения мониторинга должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по параметру, мониторинг

которого проводится. Мониторинг должен осуществляться специально подготовленными лицами, в соответствии с процедурами мониторинга и учета данных, и с использованием должным образом поверенного и исправного оборудования. Данные мониторинга следует регулярно анализировать и изучать, сопоставляя их с действующими стандартами в целях принятия, при необходимости, мер по исправлению ситуации. Дополнительные указания по применимым методикам забора проб и анализа выбросов и стоков содержатся в **Общем руководстве по ОСЗТ..**

Таблица 1. Уровни выбросов в атмосферу для предприятий по переработке угля

Загрязнитель	Единицы	Рекомендуемое значение
Углеобогатительная фабрика		
Твердые частицы с тепловых сушилок	мг/нм ³	70
Дымность газов с тепловых сушилок	%	20
Твердые частицы с установок пневмообогащения угля	мг/нм ³	40
Дымность газов с установок пневмообогащения угля	%	10
Дымность газов с участков транспортировки, хранения и обогащения	%	10
Предприятие в целом		
SO ₂	мг/нм ³	150-200
NO _x	мг/нм ³	200-400 ⁽¹⁾
Hg	мг/нм ³	1,0
Твердые частицы	мг/нм ³	30-50 ⁽¹⁾
ЛОС	мг/нм ³	150
Тяжелые металлы, всего	мг/нм ³	1,5
H ₂ S	мг/нм ³	10 ⁽²⁾
COS + CS ₂	мг/нм ³	3
Аммиак	мг/нм ³	30

Примечания:

1. Более низкое значение – для предприятий с тепловой мощностью свыше 100 МВт тепл.; более высокое – для предприятий с тепловой мощностью ниже 100 МВт тепл.
2. Выбросы с установок Клауса (Австрия, Бельгия, Германия).
- Уровни технологических выбросов следует пересматривать с учетом выбросов от источников в инженерных сетях с целью выхода на минимальный совокупный уровень выбросов от предприятия в целом.
- При 15% O₂ в сухом газе

Таблица 2. Уровни сбросов для предприятий по переработке угля

Загрязнитель	Единицы	Рекомендуемое значение
pH		6 - 9
БПК ₅	мг/л	30
ХПК	мг/л	150 (вода для охлаждения – 40)
Аммонийный азот (по N)	мг/л	5
Азот, общее содержание	мг/л	10
Фосфор, общее содержание	мг/л	2
Сульфид-ион	мг/л	1
Нефтепродукты	мг/л	10
Взвешенные вещества	мг/л	35
Общее содержание металлов	мг/л	3
Кадмий	мг/л	0,1
Хром, общее содержание	мг/л	0,5
Хром (шестивалентный)	мг/л	0,1

Медь	мг/л	0,5
Кобальт	мг/л	0,5
Цинк	мг/л	1
Свинец	мг/л	0,5
Железо	мг/л	3
Никель	мг/л	1
Ртуть	мг/л	0,02
Ванадий	мг/л	1
Марганец	мг/л	2
Фенол	мг/л	0,5
Цианиды	мг/л	0,5

Твердые частицы (уголь – метанол - бензин) ⁽⁴⁾	т/день	0,5-7,5
Твердые частицы (синтез Фишера-Тропша) ⁽⁴⁾	т/день	1-6
CO ₂ ⁽²⁾⁽³⁾	кг / кг угля	1,5
CO ₂ (уголь – метанол - бензин и синтез Фишера-Тропша) ⁽⁴⁾	т/день	21 000
Аммиак	г/нм ³ синтез-газа	0,004
Твердые отходы (зола, шлак и сера) ⁽²⁾	кг / т угля	50 – 200
Примечания:		
1. Производительность: 1 300 – 1 500 нм ³ синтез-газа из 1 т угля		
2. Соответственно типу и сорту угля; рассчитано для ВТС в 30 ГДж/кг		
3. Без связывания и хранения диоксида углерода (СХУ)		
4. Цит. по: Edgar, T.F. (1983). Для предприятия по ожигению угля производительностью 50 000 баррелей в день.		

Таблица 3. Потребление ресурсов и энергии

Параметр	Единицы	Контрольный показатель для отрасли
Электроэнергия Потребление электроэнергии заводами по ожигению угля	МВт·ч на метрическую тонну совокупности продуктов ожигения угля	0,05 – 0,1
Потребление электроэнергии заводами по производству метанола	МВт·ч на метрическую тонну метанола	0,07

Таблица 4. Выбросы в атмосферу и образование отходов ⁽¹⁾

Параметр	Единицы	Контрольный показатель для отрасли
SO ₂	г/нм ³ синтез-газа	0,3 - 0,5
SO ₂ (уголь – метанол - бензин) ⁽⁴⁾	т/день	6-14
SO ₂ (синтез Фишера-Тропша) ⁽⁴⁾	т/день	9-14
NO _x	г/нм ³ синтез-газа	0,35-0,6
NO _x (уголь – метанол - бензин) ⁽⁴⁾	т/день	5-15,5
NO _x (синтез Фишера-Тропша) ⁽⁴⁾	т/день	5-23,6
ТЧ10	г/нм ³ синтез-газа	0,12

2.2 Охрана труда и техника безопасности

Указания по охране труда и технике безопасности

Соблюдение норм охраны труда и техники безопасности следует оценивать на основании опубликованных международных рекомендаций по показателям воздействия вредных производственных факторов, примерами которых являются, в частности, указания по значениям пороговых пределов (TLV®) воздействия на рабочем месте и показателям биологического воздействия (BEIS®), публикуемые Американской конференцией государственных специалистов по гигиене труда (ACGIH)¹², Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным исследовательским институтом техники безопасности и охраны труда (NIOSH) Соединенных Штатов Америки¹³, показатели допустимых уровней воздействия (ДУВ), публикуемые Управлением охраны труда (OSHA) Соединенных Штатов Америки¹⁴,

¹² См. <http://www.acgih.org/TLV/>

¹³ См. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

¹⁴

См. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadispl.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

индикативные показатели предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, публикуемые странами – членами Европейского союза¹⁵, или данные из иных аналогичных источников.

Показатели травматизма и частота несчастных случаев со смертельным исходом

Исполнителям проектов следует стремиться к полному искоренению несчастных случаев на производстве с участием занятых в проекте работников (нанятых непосредственно исполнителями проекта либо субподрядчиками), особенно несчастных случаев, способных привести к потере рабочего времени, инвалидности различной степени тяжести или даже смертельному исходу. Показатели частоты несчастных случаев на объекте можно сопоставлять с опубликованными показателями предприятий данной отрасли в развитых странах, которые можно получить из таких источников, как, например, Бюро трудовой статистики США и Инспекция по промышленной гигиене и охране труда Соединенного Королевства¹⁶.

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 специалисты¹⁷ в рамках программы мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности. Предприятиям следует также вести журналы учета случаев

производственного травматизма и 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**.

¹⁵ См. http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

¹⁶ См. <http://www.bls.gov/iif/> и <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

¹⁷ К таким уполномоченным специалистам могут относиться сертифицированные специалисты по промышленной гигиене, дипломированные специалисты по гигиене труда, сертифицированные специалисты по охране труда или специалисты аналогичной квалификации.

3.0 Справочная литература и дополнительные источники информации

Edgar, T.F. 1983. Coal Processing and Pollution Control. Houston: Gulf Publishing Company.

European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). Sub-sectoral Environmental Guidelines: Coal Processing. London: EBRD. Available at <http://www.ebrd.com>

European Commission. 2006. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. July 2006. Sevilla, Spain: EIPPCB. Available at <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

European Commission. 2003. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Mineral Oil and Gas Refineries. February 2003. Sevilla, Spain: EIPPCB. Available at <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

German Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining to the Federal Emission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Bonn: BMU. Available at http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Special Report, Carbon Dioxide Capture and Storage, March 2006. Geneva: IPCC.

Kirk-Othmer, R.E. 2006. Encyclopedia of Chemical Technology, 5th Edition. New York: John Wiley and Sons Ltd.

Lockhart, N. 2002. Advances in Coal Preparation. London: World Energy Council. Available at http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/tech_papers/17th_congress/1_2_02.asp

National Fire Protection Association (NFPA). 2004. Standard 120: Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines. 2004 Edition. Quincy, MA: NFPA.

NFPA. 2003. Standard 30: Flammable and Combustible Liquids Code. 2003 Edition. Quincy, MA: NFPA.

NFPA. 2000. Standard 850: Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations. 2000 Edition. Quincy, MA: NFPA.

Northeast States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM). 2003. Mercury Emissions from Coal-Fired Power Plants: The Case for Regulatory Action. October 2003. Boston, MA: NESCAUM

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 2005. 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Electric Utility Steam Generating Units, Clean Air Mercury Rule. Washington, DC: US EPA.

US EPA. 40 CFR Part 60. Standards of Performance for New Stationary Sources. Subpart Y—Standards of Performance for Coal Preparation Plants. Washington, DC: US EPA.

US EPA. 40 CFR Part 434—Coal Mining Point Source Category BPT, BAT, BCT Limitations and New Source Performance Standards. Washington, DC: US EPA.

United States Congress. 2005. Clean Skies Act of 2005. (Inhofe, S.131 in 109th Congress). Washington, DC: Library of Congress. Available at <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/query/z?c109:S.131>:

University of New Hampshire Recycled Materials Resource Center (RMRC). Coal Bottom Ash/Boiler Slag. Available at <http://www.rmrc.unh.edu/>

Zhu D. and Y. Zhang. Major trends of new technologies for coal mining and utilization beyond 2000 - Technical scenario of the chinese coal industry. China Coal Research Institute, Ministry of Coal Industry, Beijing, China. Available at http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/default/tech_papers/17th_congress/3_1_11.asp

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2005. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Available at <http://www.wiley-vch.de/vch/software/ullmann/index.php?page=home>

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

Переработка угля в газообразные или жидкие химические вещества, в том числе в топливо, включает в себя следующие процессы и вспомогательные производства:

- Газификацию угля в газ для химического синтеза – синтез-газ (CO + H₂)
- Непрямое сжижение (например, получение автомобильного топлива (бензина и газойля) из синтез-газа на основе технологии Фишера – Тропша)
- Получение аммиака из синтез-газа
- Получение метанола из синтез-газа
- Прямое сжижение (например, сжижение методом прямой гидрогенизации)

Уголь

Уголь относится к числу тех энергетических ресурсов, запасы которых в мире наиболее обширны. Масштабы использования угля обнаруживают тенденцию к росту по мере появления технологий переработки парниковых газов, в том числе CO₂. Уголь существует в самых разных формах и бывает самого разного качества. Степень конверсии растений или углефикации определяется как стадия метаморфизма. Бурый уголь и лигниты, суббитуминозные угли, битуминозные угли и антрациты представляют собой стадии метаморфизма с увеличивающимся содержанием углерода. В Таблице А.1 приведена классификация, принятая Американским обществом специалистов по испытаниям и материалам (ASTM)¹⁸.

Угли, содержащие менее 69 процентов связанного углерода, классифицируются в соответствии с их высшей теплотворной способностью (ВТС):

- **Битуминозные угли** – с ВТС свыше 24 400 килоджоулей на килограмм (кДж/кг), коксующиеся
- **Суббитуминозные угли** - с ВТС от 19 300 кДж/кг до 26 700 кДж/кг, не коксующиеся
- **Лигниты** - с ВТС от 14 600 кДж/кг до 19 300 кДж/кг, не коксующиеся

Таблица А.1. Классификация углей по АСТМ

		Связанный углерод ⁽¹⁾ (%)		Летучие вещества ⁽¹⁾ (%)	
		мин.	макс.	мин.	макс.
Антрациты некоксующиеся	метаантрацит	98			2
	антрацит	92	98	2	8
	полуантрацит	86	92	8	14
Битуминозные угли Обычно коксующиеся	С небольшим содержанием летучих веществ	78	86	14	22
	С средним содержанием летучих веществ	69	78	22	31
	С высоким содержанием летучих веществ		69	31	
Примечания: ⁽¹⁾ сухая беззольная масса					

В рамках международной торговли и в Европейском Союзе приняты отдельные системы классификации для каменного угля, бурого угля и лигнита.

В угле в разных количествах содержатся примеси, главным образом, сера, азот и зола. Большинство видов товарного угля содержат 0,5 – 4,0 весовых процента серы в виде сульфата, железного колчедана и органических соединений серы. Содержание азота обычно составляет 0,5 – 2,0

¹⁸ Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 5th Edition (2006).

весовых процента. Поскольку азот обычно входит в состав молекул органических веществ, его невозможно удалить физическими способами. После сжигания или использования угля образуется угольная зола. В угольной золе могут присутствовать в очень малых количествах бериллий, кадмий, марганец, медь, мышьяк, ртуть, свинец, фтор и хром.

Газификация угля

Предприятия по газификации угля очень различаются по своим размерам в зависимости от конечного назначения производимого ими синтез-газа. В химической промышленности расчетная мощность предприятий предполагает переработку 1 500 – 2 000 тонн угля в день. Существуют и более мощные предприятия, в первую очередь, по производству метанола. Действующие предприятия по производству жидкого топлива используют 120 000 тонн угля в день (около 40 млн. тонн в год) для производства 160 000 баррелей жидкого топлива в пересчете на нефть в день (примерно 10 млн. тонн в год).

Доставка и обогащение угля

Крупные предприятия по переработке угля обычно размещаются вблизи угольных шахт или разрезов и имеют общие с ними складские территории и производственные помещения. Обычно уголь подается в хранилища, бункеры и на склады по конвейерной ленте. Более мелкие предприятия могут располагаться на удалении от добывающих мощностей. В этом случае уголь доставляется по железной дороге, на баржах или по пульпопроводам и хранится навалом. Как правило, перед транспортировкой и использованием угля необходимо провести его обогащение, характер которого зависит от особенностей угледобывающего предприятия и свойств угля, а также от

технологии угледобычи¹⁹. Вопросы обогащения угля рассматриваются в **Руководстве по ОСЗТ для горнодобывающей промышленности**. Перед использованием угля, находящийся на предприятиях по переработке угля, обрабатывается таким образом, чтобы по своей физической форме он соответствовал требованиям реактора по производству синтез-газа. Эти требования различаются в зависимости от используемой технологии производства синтез-газа. Обычно уголь сушат и измельчают (путем дробления, размола или превращения в порошок).

Производство синтез-газа

Газификация угля представляет собой реакцию угля с кислородом, водяным паром и диоксидом углерода, в результате которой образуется газ конечной переработки (синтез-газ), содержащий водород и монооксид углерода. В принципе, газификация предполагает неполное сгорание в восстановительной среде. Основное технологическое отличие от процесса полного сжигания угля заключается в том, что в процессе газификации потребляется тепло, выделяемое при сгорании. В восстановительной среде, в которой проходит газификация, содержащаяся в угле сера высвобождается в виде сероводорода, а не диоксида серы, а большая часть азота превращается в аммиак, а не оксиды азота. Восстановленные в таких формах серу и азот можно без труда выделить, связать и использовать.

В зависимости от типа установки для газификации угля и условий переработки в процессе газификации можно получить синтез-газ любого назначения. Упрощенную схему процесса газификации см. на рисунке А.1.

¹⁹ Lockhart, N., World Energy Council. *Advances in Coal Preparation* (2002).

Обогащенный уголь вместе с кислородом и водяным паром направляется на газификацию. В зависимости от типа установки для газификации угля поступающий из реактора синтез-газ может быть охлажден и остужен, а выделяемое при этом тепло собирается в форме водяного пара высокого давления. Зола извлекается из нижней части реактора вместе с битумом в твердой форме или в виде шлака (в зависимости от особенностей производства). Синтез-газ смешивается с водяным паром и поступает в реактор конверсии монооксида углерода, где доводится до требуемого уровня соотношения H_2/CO . Затем синтез-газ очищается от H_2S , CO_2 , COS , NH_3 , HCN в соответствии с заданными параметрами. В газификации угля используются три основных типа реакторов: реакторы с неподвижным слоем, реакторы с псевдоожиженным слоем и реакторы, осуществляющие газификацию в потоке.

Реакторы с неподвижным слоем

Противоточные реакторы для газификации угля с неподвижным слоем были одними из первых разработанных устройств для газификации. В ходе этого процесса воздух и водяной пар поступают в нижнюю часть и поднимаются вверх через пласт угля. Уголь загружается сверху и опускается в низ в противоток с движением газов. Реакторы с неподвижным слоем имеют ряд преимуществ. Поток горячих газов из зоны сгорания предварительно нагревает уголь, благодаря чему теплопроизводительность повышается. Высокая степень конверсии углерода обеспечивается за счет поршневого режима движения твердых частиц через зоны газификации и сжигания и сравнительно длительного времени пребывания топлива в реакторе. Газ конечной переработки имеет относительно низкую температуру и не загрязнен твердыми частицами. Однако при этом могут выделяться масло и битум, загрязняющие оборудование по переработке угля.

Слабой стороной реакторов с неподвижным слоем является невозможность переработки спекающегося (коксующегося) угля (например, группы битуминозных углей), которые при нагревании могут увеличиваться в объеме и спекаться. Эти угли могут создавать помехи для потоков газов и твердой фазы, что ведет к нарушению производственного процесса.

Реакторы с псевдоожиженным слоем

Реакторы с псевдоожиженным слоем обеспечивают более высокое качество смешивания и возможность поддерживать постоянную температуру, что позволяет кислороду вступать в реакцию с продуктами процесса удаления летучих веществ. В реакторах с сухим псевдоожиженным слоем требуется поддерживать температуру ниже температуры плавления золы, вследствие чего происходит неполная конверсия углерода в углях. Газификаторы с последующей агломерацией золы работают при более высоких температурах (до $1\ 150^\circ C$), близких к точке размягчения золы, что позволяет повысить качество конверсии углерода и газификации низкорекреационных высокосортных углей и коксующихся углей. Более высокие температуры повышают коэффициент газификации, выход угля и эффективность процесса. Основным преимуществом реакторов с псевдоожиженным слоем является возможность использовать как неактивный коксующийся, так и низкосортный уголь с высоким содержанием золы. Кроме того, реактор с псевдоожиженным слоем может действовать при разных уровнях операционной загрузки или выхода готовой продукции без существенного снижения производительности.

Реакторы газификации в потоке

К реакторам этого типа относятся газификаторы с сухим дозированием, с потоком под давлением, с продувкой

кислородом и с аэрозольным потоком и спуском шлака. Уголь высушивается и размалывается до частиц размером менее 0,1 мм, а затем подается в газификатор вместе с транспортным газом, как правило, азотом. Уголь, кислород и водяной пар поступают в газификатор через расположенные горизонтально друг напротив друга горелки. Неочищенный топливный газ производится в результате проходящих при высоких температурах реакций газификации и поднимается вверх, захватывая при этом некоторое число частиц золы и небольшое количество не вступившего в реакцию углерода.

Под воздействием высокой температуры в реакторе оставшаяся зола превращается в жидкий шлак, который стекает вниз по стенкам реактора и опускается в резервуар для охлаждения. Неочищенный топливный газ можно охлаждать на выходе из реактора с помощью охлажденного переработанного топливного газа, чтобы снизить температуру до уровня ниже точки плавления золы и не допустить проникновения липких твердых частиц в устройство для охлаждения неочищенного топливного газа. Затем это устройство охлаждает газ и создает водяной пар высокого давления, который направляется в паровой цикл. Твердые частицы оседают на специальных фильтрах и вновь поступают в реактор. Реакторы этого типа могут без проблем работать с углем любого сорта.

Непрямое ожигание угля

Производство жидких углеводородов

Для производства как легкой синтетической нефти и легких олефинов, так и твердых парафиновых углеводородов могут быть использованы технологии Фишера – Тропша. Синтетическая нефть может быть переработана в газولين или газойль, а твердые углеводороды – в парафины специального назначения, либо использованы, путем

гидрокрекинга и/или изомеризации, для производства газойля, смазочных масел и лигроина, представляющих собой исходное сырье для крекинга олефинов. При этом используются катализаторы на базе железа, активированные калием и медью.

Для проведения реакции Фишера – Тропша, как правило, используются низкотемпературные реакторы (НТФТ, реакторы со взвешенным слоем) и высокотемпературные реакторы (ВТФТ, реакторы с псевдоожигенным слоем).

Реакторы со взвешенным слоем состоят из резервуара, в котором находится суспензия из катализатора и парафинов, образующихся в процессе реакции. Синтез-газ прогоняется через взвешенный слой при температуре 220–250°C и давлении 2,5–4,5 мегапаскаля (МПа) и превращается в углеводороды. Выделяемое тепло из взвеси передается на расположенные внутри реактора охлаждающие змеевики для выработки водяного пара. Легкие углеводороды, находящиеся в паровой фазе, и непрореагировавшие компоненты выводятся через расположенную в верхней части реактора шахту и конденсируются в блоке конденсации. Более тяжелые твердые углеводороды задерживаются во взвешенном слое, из которого они удаляются путем отделения твердой фазы.

Реакторы с псевдоожигенным слоем состоят из резервуара с кипящим слоем расплавленного и восстановленного железного катализатора. Синтез-газ с помощью газораспределителя прогоняется через этот слой и под воздействием катализатора превращается в углеводороды, которые при температуре около 340°C и давлении 2,5 МПа находятся в паровой фазе. Полученный продукт и не прошедшие конверсию газы извлекаются из реактора через расположенные внутри него сепараторы.

Алкилирование

Цель алкилирования состоит в получении высококачественного моторного топлива. Термин «алкилирование» используется для описания реакции олефинов с изобутанами, в результате которой получают изопарафины с более высоким молекулярным весом и октановым числом. Реакция проходит при низких температурах в присутствии концентрированных кислот (плавиковой (HF) или серной (H₂SO₄)).

Изомеризация

Изомеризация проводится для изменения расположения атомов в молекуле без изменения первоначальной структуры самой молекулы. Имеющие низкий молекулярный вес парафины (C₅ – C₆) превращаются в изопарафины с гораздо более высоким октановым числом. В настоящее время в этом процессе используются три различных типа катализаторов: хлорированный оксид алюминия, цеолитсодержащие катализаторы и сульфатированный диоксид циркония.

Каталитический крекинг

Каталитический крекинг применяется для преобразования более твердых углеводородов в более ценные низкокипящие углеводороды. В этом процессе высокие температуры и катализатор используются для того, чтобы разбить крупные молекулы углеводородов на более мелкие и легкие. Обычно для этого используются установки крекинга с псевдооживленным катализатором, состоящие из трех основных частей: реактор-регенератор с нагнетателем воздуха и котлом-утилизатором, главная ректификационная колонна с компрессором для неотбензиненного газа и генератор непредельных газов. При крекинге с псевдооживленным катализатором предварительно

нагретые до 250 - 425°C нефть и пар в лифт-реакторе вступают в реакцию с горячим цеолитсодержащим катализатором при температуре 680–730°C. Для ускорения парообразования и последующего крекинга исходная смесь дробится с помощью водяного пара. Процесс крекинга происходит при температуре от 500 до 540°C и при давлении 1,5-2,0 бар. В основном в этом процессе используются цеолитсодержащие катализаторы, а в качестве дополнения – аморфные синтетические алюмосиликаты с металлами.

Гидрогенизация кислорода

В этом процессе компоненты кислорода, подвергаясь гидрогенизации, превращаются в спиртовую смесь.

Производство аммиака

Предприятия по производству аммиака (NH₃) могут размещаться как отдельно, так и в комплексе с другими предприятиями, как правило, по производству мочевины и метанола. Кроме того, в комплексе с предприятиями по производству аммиака могут действовать и предприятия, производящие водород и/или монооксид углерода. Для производства аммиака используется экзотермическая реакция водорода и азота. Эта реакция проходит в присутствии оксидов металлов, действующих как катализаторы, и при повышенном давлении. Источником азота служит атмосферный воздух, и азот может использоваться как в естественном состоянии в виде сжатого воздуха, так и в чистом виде, поступая из установки по разделению воздуха. Водород может быть взят из различных источников, таких, как природный газ, сырая нефть, лигроин, или из газообразных отходов переработки нефти.

Производство аммиака из синтез-газа включает в себя следующие этапы производства: удаление остаточных количеств серы из исходного сырья, первичный и вторичный риформинг, конверсия монооксида углерода, удаление диоксида углерода, метанизация, компрессия, синтез аммиака и охлаждение готового продукта. Углерод удаляется в виде концентрированного диоксида углерода (CO₂), который, во избежание его утечки в атмосферу, может быть использован для производства мочевины или в других промышленных целях. Применяемые в ходе этого процесса катализаторы могут содержать кобальт, молибден, никель, оксид железа / оксид хрома, оксид меди / оксид цинка и железа.

Возможны также два нетрадиционных технологических маршрута: добавление в печь для вторичного риформинга дополнительного технологического воздуха с удалением криогенными методами избыточного азота и автотермический риформинг с теплообменом. Последний процесс имеет некоторые преимущества с точки зрения экологии, поскольку в этом случае снижается потребность в накаливании печи первичного риформинга и появляется возможность снизить потребление электроэнергии.

Производство метанола

Процесс производства метанола, как правило, включает в себя проведение реакции, рециркуляцию газа и очистку. В ходе реакции монооксид углерода и водород взаимодействуют между собой при температуре около 250°C и давлении 50-80 бар в присутствии катализатора на базе меди, давая в итоге метанол. В промышленности используются реакторы с неподвижным слоем и адиабатические реакторы с несколькими слоями катализатора. По выходе из реактора метанол конденсируется, а не конвертированный газ возвращается

на переработку в установку по производству синтез-газа. Очистка производится в двух ректификационных колоннах, где из полученного метанола удаляются легкие и тяжелые фракции (высокомолекулярные спирты). Легкие фракции, как правило, используются в качестве топливного газа. Тяжелые фракции обычно сжигаются в паровом котле с помощью специальной горелки.

Прямое ожигение угля

Многие страны занимались исследованиями и разработками в сфере прямого ожигения угля. В основе большинства разработок лежит процесс каталитической гидрогенизации диспергированного и частично растворенного в органическом растворителе угля. Ход реакции в большой степени зависит от типа, марки и возраста угля. Для угля более низкой сортности наиболее эффективными агентами гидрогенизации являются смеси воды, водорода и СО (синтез-газа). Проблему представляет отравление катализатора содержащимися в угле примесями, а также очистка сточных вод. В настоящее время успешно работают крупные экспериментальные и показательные установки.

Рисунок А.1. Технологическая блок-схема газификации угля

