Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан
Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов

СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНИКАМ
ПРОИЗВОДСТВО ЦЕМЕНТА И ИЗВЕСТИ
(проект)

ПРОЕКТ DRAFT

Нур-Султан, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 8
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 10
ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ 11
ГЛОССАРИЙ 13
1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ 15
1.1 Производство цемента и извести 15
1.1.1 Структура и технологический уровень отраслей производства цемента и извести 15
1.1.2 Объекты по видам технологического процесса 19
1.1.3 Объекты по сроку эксплуатации 19
1.1.4 Объекты по географической принадлежности 22
1.1.5 Объекты по производственным мощностям 25
1.1.6 Объекты по видам выпускаемой продукции 25
1.1.7 Сырьевая база Казахстана 29
1.1.8 Технико-экономические характеристики 46
1.1.9 Использование энергоресурсов 50
1.1.9.1 Тепловая энергия 51
1.1.9.2 Электроэнергия 53
1.2 Основные экологические проблемы 54
1.2.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух 54
1.2.2 Данные о выбросах в атмосферу от цементных печей в Казахстане 60
1.2.3 Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты 64
1.2.4 Образование и управление отходами производства 67
1.2.5 Шум и вибрация 68
1.2.6 Запах 69
1.2.7 Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды. Общие принципы 70
2 МЕТОДОЛОГИЯ ОТНЕСЕНИЯ К НДТ 73
2.1 Детерминация, принципы подбора 73
2.2 Критерии отнесения техник к наилучшей доступной технике 75
3 ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН 82
3.1 Производство цемента 82
3.1.1 Способы производства цементного клинкера 82
3.1.2 Добыча сырьевых материалов 86
3.1.3 Хранение, подготовка и помол сырьевых материалов 89
3.1.4 Усреднительные склады сырья и топлива 92
3.1.5 Измельчение сырьевых материалов 94
3.1.6 Усреднение и корректировка 103
3.1.7 Подготовка и сжигание твердого топлива 107
3.1.8 Обжиг клинкера 109
3.1.9 Охлаждение клинкера 115

ПРОЕКТ DRAFT

3.1.10 Клинкерные склады 118
3.1.11 Помол цемента с добавками 119
3.2 Производство извести 123
4 ОБЩИЕ НДТ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И/ИЛИ СОКРАЩЕНИЯ ЭМИССИЙ И ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ 133
4.1 Техники для предотвращения выбросов в атмосферный воздух 133
4.1.1 Введение 133
4.1.2 Техники предотвращения и / или уменьшения выбросов пыли 134
4.1.2.1 Выбросы пыли на цементных заводах 135
4.1.2.2 Выбросы пыли от известковых заводов 139
4.1.3 Методы предотвращения и/ или сокращения выбросов диффузной пыли 141
4.1.4 Техники предотвращения и/или сокращения выбросов SO_x 142
4.1.4.1 Выбросы SO_x на цементных заводах 142
4.1.4.2 Выбросы SO_x при производстве извести 148
4.1.5 Техники предотвращения и/или сокращения выбросов NO_x 150
4.1.5.1 Соединения и образование NO_x 150
4.1.5.2 Методы снижения выбросов NO_x 153
4.1.5.2.1 Охлаждение пламени 155
4.1.5.2.2 Горелки с низким выделением NO_x 155
4.1.5.2.3 Постадийное сжигание топлива 156
4.1.5.2.4 Печи со сжиганием топлива в середине печи 157
4.1.5.2.4 Использование минерализаторов при обжиге клинкера 157
4.1.5.2.5 Селективное некаталитическое восстановление (SNCR) 157
4.1.5.2.6 Селективное каталитическое восстановление оксидов азота (SCR) 159
4.1.6 Оптимизация работы печи и параметров, влияющих на образование и выбросы NOx, SO_2 и CO, в зависимости от процессов в печи (мокрый, длинные сухие печи, сухой с циклонными теплообменниками/ декарбонизатором) 161
4.1.7 Техники предотвращения и/или уменьшения выбросов металлов 162
4.1.8 Техники предотвращения и/или сокращения выбросов CO и несгоревших углеводородов в цементных печах - предотвращение выбросов CO 166
4.1.8.1 Выбросы CO 166
4.1.8.2 Выбросы ООУ (ЛОС) 166
4.1.8.3 Проскок CO 168
4.1.9 Методы предотвращения и / или сокращения выбросов CO и несгоревших углеводородов (ООУ) в печи для обжига извести 169
4.1.9.1 Выбросы CO 169
4.1.9.2 Выбросы ООУ 170
4.1.9.3 Отключение электрофильтров 171
4.1.10 Выбросы CO_2 от печей для обжига клинкера и извести 171
4.1.10.1 Клинкерные печи 172

ПРОЕКТ DRAFT

4.1.10.2 Печи для обжига извести 172
4.2 Работы, связанные с пылью: техники хранения и складирования опасных и сыпучих материалов 173
4.3 Потребление воды и методы сокращения сбросов в наземные и водные объекты/ потоки 174
4.3.1 Водопотребление при производстве цемента 174
4.3.2 Водопотребление при производстве извести 176
4.4 Техники контроля загрязнения земли/почвы и управления отходами ... 177
4.4.1 Методы управления отходами на объектах цементной промышленности 178
4.4.2 Техники контроля загрязнения почвенного покрова 179
4.5 Техники управления и снижения уровня шумового воздействия 180
4.5.1 Снижение уровня шумового воздействия при производстве цемента .. 181
4.5.2 Снижение уровня шумового воздействия при производстве извести ... 182
4.6 Техники снижения уровня запаха 183
4.7 Система экологического менеджмента 184
4.7.1 Контроль качества сырья и топлива, параметры контроля для разных типов топлива 187
4.7.2 Производственный экологический контроль 187
4.7.2.1 Производственный контроль в области охраны атмосферного воздуха 190
4.7.2.2 Производственный контроль в области охраны и использования водных ресурсов 195
4.7.2.3 Производственный контроль в области обращения с отходами 197
4.7.2.4 Непрерывный производственный контроль 198
4.8 Снижение потребления энергии (энергетическая эффективность) 198
4.8.1 Снижение потребления энергии (энергетическая эффективность) при производстве цемента 199
4.8.1.1 Снижение потребления тепловой энергии 199
4.8.1.2 Снижение потребления электрической энергии 204
4.8.2 Снижение потребления энергии при производстве извести 208
4.8.2.1 Снижение потребления тепловой энергии 208
4.8.2.2 Снижение потребления электрической энергии 211
4.9 Использование отходов 212
4.9.1 Общие аспекты 212
4.9.2 Использование отходов в качестве сырьевых материалов 214
4.9.3 Использование отходов в качестве топлива 219
4.9.3.1 Виды отходов, которые могут быть использованы в качестве топлива 224
4.9.3.2 Твердые отходы, которые могут быть использованы в качестве топлива 226
4.9.3.3 Жидкие отходы, которые могут быть использованы в качестве топлива 230
4.9.3.4 Требования по качеству отходов и входной контроль 231

ПРОЕКТ DRAFT

4.9.3.5 Концентрация металлов в отходах 232
4.9.3.6 Складирование и транспортировка отходов 233
5 ТЕХНИКИ, КОТОРЫЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ПРИ ВЫБОРЕ НДТ 234
5.1 Техники, которые рассматриваются при выборе НДТ, при производстве цемента 234
5.1.1 Потребление электроэнергии путем применения отдельно или совместно следующих технических решений: 234
5.1.2 Снижение/минимизация расхода тепла путем применения объединенных технических решений 236
5.1.3 Использование отходов в качестве альтернативного топлива и / или в качестве альтернативного сырья при производстве цемента 240
5.1.4 Экологический менеджмент 245
5.1.5 Мониторинг 248
5.1.6 Шум 248
5.1.7 Оптимизация управления производственным процессом 250
5.1.8 Технические решения по операциям, связанным с пылевыделением (неорганизованные источники выбросов пыли) 252
5.1.9 Электрофильтры 254
5.1.10 Рукавные фильтры 256
5.1.11 Гибридные фильтры 259
5.1.12 Охлаждение зоны горения (пламени) для снижения выбросов NOx 260
5.1.13 Горелки с низким образованием NO_x 261
5.1.14 Сжигание топлива в средней части печи для снижения выбросов NOx 262
5.1.15 Добавление минерализаторов для улучшения спекаемости сырьевой смеси (минерализация клинкера для снижения выбросов NOx) 263
5.1.16 Оптимизация процесса обжига для снижения выбросов NOx 264
5.1.17 Постадийное сжигание топлива 265
5.1.18 Селективное некаталитическое восстановление оксидов азота (SNCR) 266
5.1.19 Селективное каталитическое восстановление оксидов азота (SCR) 268
5.1.20 Добавление сорбента 269
5.1.21 Мокрый скруббер 270
5.1.22 Снижение выбросов оксида углерода и проскоков CO 272
5.1.23 Выбросы органических углеводородов 274
5.1.24 Производственные потери / отходы 275
5.2 Техники, которые рассматриваются при выборе НДТ, при производстве извести 276
5.2.1 Оптимизация процесса управления 276
5.2.2 Снижение расхода электроэнергии на обжиг при производстве извести 277
5.2.3 Снижение расхода тепла на обжиг при производстве извести 279
5.2.4 Использование отходов в качестве альтернативного топлива при производстве извести 281

ПРОЕКТ DRAFT

5.2.5 Техники по операциям, связанным с пылевыделением 284
5.2.6 Снижение выбросов пыли при хранении сыпучих материалов и штабелей 285
5.2.7 Электрофильтры 287
5.2.8 Рукавные фильтры 289
5.2.9 Влажное пылеудаление 292
5.2.10 Центробежные сепараторы/циклоны 294
5.2.11 Оптимизация технологического процесса 295
5.2.12 Ступенчатая подача воздуха 296
5.2.13 Горелки с низким образованием NO_x 297
5.2.14 Селективное некаталитическое восстановление оксидов азота (SNCR) 298
5.2.15 Снижение выбросов SO_2 299
5.2.16 Снижение выбросов CO и проскоки 301
6 ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СОДЕРЖАЩЕЕ ВЫВОДЫ ПО НДТ 303
6.1 Общие заключения по НДТ 303
6.1.1 Система экологического менеджмента 303
6.1.2 Шум 304
6.2 Заключения по НДТ для цементной промышленности 305
6.2.1 Общие основные техники 305
6.2.2 Мониторинг 306
6.2.3 Потребление энергии и выбор техники 307
6.2.3.1 Выбор техники 307
6.2.3.2 Тепловая энергия 308
6.2.4 Использование отходов 311
6.2.4.1 Контроль качества отходов 311
6.2.4.2 Загрузка отходов в обжиговую печь 312
6.2.4.3 Меры безопасности при использовании опасных отходов 312
6.2.5 Выбросы пыли 313
6.2.5.1 Неорганизованные (диффузные) выбросы пыли 313
6.2.5.2 Организованные выбросы при операциях с образованием пыли 315
6.2.5.3 Выбросы пыли при обжиге 316
6.2.5.4 Выбросы пыли в процессах охлаждения и помола 317
6.2.6 Газообразные выбросы 317
6.2.6.1 Выбросы NO_x 317
6.2.6.2 Выбросы SO_2 320
6.2.6.3 Выбросы CO и проскоки CO 322
6.2.6.3.1 Снижение проскоков CO 322
6.2.6.3.2 Выбросы органических углеводородов (ООУ/ЛОС) 323
6.2.7 Технологические потери/отходы 326
6.3 Заключения по НДТ для производства извести 326
6.3.1 Основные технические решения 326
6.3.2 Мониторинг 327
6.3.3 Потребление энергии 328

ПРОЕКТ DRAFT

6.3.4 Расход известняка 331
6.3.5 Выбор топлива 331
6.3.5.1 Использование топливных отходов 332
6.3.5.1.1 Контроль качества отходов 332
6.3.5.1.2 Загрузка отходов в печь 332
6.3.5.3 Техника безопасности при утилизации опасных отходов 333
6.3.6 Выбросы пыли 333
6.3.6.1 Неорганизованные выбросы пыли 333
6.3.6.2 Организованные выбросы при операциях с образованием пыли, кроме процессов обжига в печи 335
6.3.6.3 Выбросы пыли при процессах обжига в печи 336
6.3.7 Газообразные соединения 336
6.3.7.1 Основные технические решения для снижения выбросов газообразных соединений 336
6.3.7.2 Выбросы NO_x 337
6.3.7.3 Выбросы SO_x 339
6.3.7.4 Выбросы CO, проскоки CO 341
6.3.7.4.1 Выбросы CO 341
6.3.7.4.2 Снижение проскоков CO 342
6.3.7.5 Выбросы органических углеводородов 342
6.3.8 Производственные потери/отходы 345
7 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНИКИ 346
7.1 Перспективные техники производства цемента 346
7.2 Перспективные техники в известковой промышленности 347
7.2.1 Обжиг в кипящем слое 348
7.2.3 Дожигание дымовых газов шахтных пересыпных печей 349
8 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ 352
БИБЛИОГРАФИЯ 355
Приложение А 361
Приложение Б 363
Приложение В 367
В1 Техника получения высокоактивного смешанного двухклинкерного портландцемента 367
В2 Техника применения метода химической регенерации тепла при производстве цемента 368
В3 Техника эффективной утилизации тепла и очистки отходящих газов при мокром способе производства цемента 369
В4 Техника использования отвальных электрометаллургических шлаков для производства цемента 370
Б5 Техника использования карбидной извести, доменных и фосфорных шлаков для производства цемента 373
В6 Техника использования отходов дробления известняка и фосфорных шлаков для производства цемента 373

ПРОЕКТ DRAFT

ПРЕДИСЛОВИЕ

Краткое описание содержания справочника по наилучшим доступным техникам: взаимосвязь с международными аналогами

Справочник по наилучшим доступным техникам «Производство цемента и извести» (далее – справочник по НДТ) разработан в целях реализации Экологического кодекса Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК в рамках реализации бюджетной программы Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан 044 «Содействие ускоренному переходу Казахстана к зеленой экономике путем продвижения технологий и лучших практик, развития бизнеса и инвестиций».

При разработке справочника по НДТ учтен наилучший мировой опыт и аналогичный и сопоставимый справочный документ Европейского союза по наилучшим доступным техникам «Справочный документ по НДТ для производства цемента, извести и оксида магния» (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide), официально применяемый в государствах, являющихся членами Организации экономического сотрудничества и развития, с учетом необходимости обоснованной адаптации к климатическим, экономическим, экологическим условиям и сырьевой базе Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в области применения.

Технологические показатели, связанные с применением одной или нескольких в совокупности наилучших доступных техник для технологического процесса определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам «Производство цемента и извести».

Информация о сборе данных

Для разработки справочника информация об уровнях выбросов, сбросах, образовании отходов, технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при производстве цемента и извести в Республике Казахстан, была собрана в процессе проведение комплексного технологического аудита, правила проведения которого включаются в правила разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам. Перечень объектов для комплексного технологического аудита утвержден технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам «Производство цемента и извести».

Взаимосвязь с другими справочниками по НДТ

Справочник по НДТ является одним из серии разрабатываемых в соответствии с требованием Экологического кодекса справочников по НДТ:

1) Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии;
2) Переработка нефти и газа;

ПРОЕКТ DRAFT

3) Производство неорганических химических веществ;
4) Производство цемента и извести;
5) Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности;
6) Производство меди;
7) Производство цинка и кадмия;
8) Производство свинца;
9) Производство чугуна и стали;
10) Производство изделий дальнейшего передела черных металлов;
11) Добыча нефти и природного газа;
12) Добыча и обогащение железных руд;
13) Добыча и обогащенеи руд цветных металлов (вкл. драгоценные);
14) Утилизация и обезвреживание отходов;
15) Добыча и обогащение угля
16) Очистка сточных вод при производстве продукции
17) Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты;
18) Утилизация и удаление отходов путем сжигания;
19) Производство титана и магния;
20) Производство алюминия;
21) Производство редких и редкоземельных металлов;
22) Промышленные системы охлаждения;
23) Производство редких и редкоземельных металлов;
24) Производство ферросплавов;
25) Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения населенных пунктов;
26) Обращение с вскрышными и вмещающими горными породами;
27) Производство продукции тонкого органического синтеза и полимеров;

Справочник по НДТ «Производство цемента и извести» имеет связь с:

Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты	Мониторинг эмиссий
Утилизация и удаление отходов путем сжигания	Использование отходов

ПРОЕКТ DRAFT

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В соответствии с Приложением 3 Экологического кодекса Республики Казахстан от 2 января 2021 года №400- VI ЗРК настоящий справочник по НДТ распространяется на:

– производство цемента, извести.

Область применения настоящего справочника по НДТ, а также технологические процессы, оборудование, технические способы и методы в качестве наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам «Производство цемента и извести».

Область применения соответствует:

– производство цементного клинкера во вращающихся печах с производственной мощностью, превышающей 500 тонн в сутки, или в других печах с производительностью, превышающей 50 тонн в сутки;

– производство извести в печах с производственной мощностью, превышающей 50 тонн в сутки.

В Приложении А к настоящему справочнику приведены соответствующие области применения коды ОКЭД и ОКПД 2.

Справочник по НДТ распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий или уровень загрязнения окружающей среды:

– хранение и подготовка сырья;

– хранение и подготовка топлива;

– использование отходов в качестве сырья и/или топлива – требования к качеству, контроль и подготовка;

– производственные процессы;

– методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;

– хранение, упаковка и отгрузка продукции.

Справочник не распространяется на:

– некоторые процессы производства, такие как добыча сырья в карьере;

– вопросы, касающиеся исключительно обеспечения промышленной безопасности или охраны труда.

Вопросы охраны труда рассматриваются частично и только в тех случаях, когда оказывают влияние на виды деятельности, включенные в область применения настоящего справочника по НДТ.

Аспекты управления отходами на производстве в настоящем справочнике по НДТ рассматриваются только в отношении отходов, образующихся в ходе основного технологического процесса. Система управления отходами вспомогательных технологических процессов рассматривается в соответствующих справочниках по НДТ, список которых приведен в Предисловии. В настоящем справочнике по НДТ рассматриваются общие принципы управления отходами вспомогательных технологических процессов.

ПРОЕКТ DRAFT

ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Статус документа

Справочник по наилучшим доступным техникам предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов, и общественности о наилучших доступных техниках и любых перспективных техниках, относящихся к области применения справочника по наилучшим доступным техникам с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы «зеленой» экономики и наилучших доступных техник.

При проведении производственного экологического контроля на объектах, получивших комплексное экологическое разрешение на основании внедрения наилучших доступных техник, используются условия и рекомендации, установленные в настоящем справочнике по НДТ.

Положения, обязательные к применению

Положения, обязательные к применению имеют предписывающий характер при установлении технологических нормативов в рамках процедуры получения операторами объектов комплексных экологических разрешений:

Раздел 6: представлены заключения, содержащие выводы по НДТ, включая технологические показатели, связанные с применением НДТ.

При этом необходимость применения одного из или совокупности нескольких положений Раздела 6 настоящего справочника по НДТ определяется операторами объектов самостоятельно исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии и при условии соблюдения технологических показателей, представленных в Разделе 6. Таким образом, общее количество наилучших доступных техник, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не является обязательным к внедрению.

На основании Раздела 6 справочника по НДТ предприятиями разрабатываются программы по повышению экологической эффективности, либо план мероприятий по охране окружающей среды, направленные на достижение уровня эмиссий и значений технологических показателей, утверждённых в Заключениях по НДТ.

НДТ являются инструментом достижения объектом, оказывающим негативное воздействие на окружающую среду, соответствующего уровня воздействия.

Рекомендательные положения

Рекомендательные положения имеют описательный характер и рекомендованы к анализу процесса установления технологических показателей, связанных с применением НДТ и к анализу при пересмотре справочника по НДТ:

ПРОЕКТ DRAFT

Раздел 1: представлена общая информация о производстве цемента и извести, о структуре отрасли, используемых промышленных процессах и технологиях по производству цемента и извести.

Раздел 2: описана методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ.

Раздел 3: описаны основные этапы производственного процесса или производства конечного продукта, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок по производству цемента и извести и в эксплуатации на момент написания с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, каталог методов и связанный с ними мониторинг, используемый для:

– предотвращение выбросов в атмосферу или, если это практически невозможно, сокращение выбросов,

– предотвращение или сокращение образования отходов.

Раздел 5: представлено описание существующих техник, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

Раздел 7: представлена информация о новых техниках и перспективных техниках.

Раздел 8: приведены заключительные положения и рекомендации для будущей работы в рамках пересмотра справочника по НДТ.

ПРОЕКТ DRAFT

ГЛОССАРИЙ

Анализ жизненного цикла	Термин «анализ жизненного цикла» употребляется для обозначения анализа воздействия продукта или изделия на окружающую среду на протяжении его жизненного цикла. Анализ жизненного цикла предназначен для оценки суммарного воздействия продукта на окружающую среду в течение всего жизненного цикла этого продукта, то есть, включая сырье, производство, использование, возможную рециркуляцию или повторное использование, а также последующую утилизацию продукта
Воздействие на окружающую среду	Любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов организации
Загрязнение	Прямое или опосредованное внесение в результате деятельности человека веществ, вибрации, высоких температур или шума в атмосферу, водную среду или на земную поверхность, следствием чего является нанесение вреда здоровью человека или ухудшение окружающей среды; порча имущества; снижение качества или невозможность законного использования природных (и иных) благ окружающей среды
Комплексный подход	Подход, учитывающий более, чем одну природную среду. Преимущество данного подхода состоит в комплексной оценке воздействия предприятия на окружающую среду в целом. Это уменьшает возможность простого переноса воздействия с одной среды на другую без учета последствий для такой среды. Комплексный (межкомпоненный) подход требует серьезного взаимодействия и координации деятельности различных органов (ответственных за состояние воздуха, воды, утилизацию отходов и т.д.)
Окружающая среда	Совокупность окружающих человека условий, веществ и объектов материального мира, включающая в себя природную среду и антропогенную среду
Основные производственные отходы	Наиболее значимые для конкретного вида производства или технологического процесса отходы, с помощью которых возможно оценить значение основного негативного воздействия на окружающую среду

ПРОЕКТ DRAFT

Справочник по наилучшим доступным техникам	Документ, являющийся результатом соответствующего обмена информацией между заинтересованными сторонами, разработанный для определенных видов деятельности и включающий уровни эмиссий, объемов образования, накопления и захоронения основных производственных отходов, уровни потребления ресурсов и технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник, а также заключения, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам и любые перспективные техники
Технологические нормативы	Экологические нормативы, устанавливаемые в комплексном экологическом разрешении в виде: 1) предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий; 2) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги.
Уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник	Диапазон уровней эмиссий (концентраций загрязняющих веществ), которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях
Экологическое разрешение	Документ, удостоверяющий право индивидуальных предпринимателей и юридических лиц на осуществление негативного воздействия на окружающую среду и определяющий экологические условия осуществления деятельности
Эмиссия	Прямой или опосредованный выпуск в воздушную, водную среду или на земную поверхность веществ, вибрации, высоких температур или шума, возникающих из точечных или рассеянных источников, имеющихся в установке

ПРОЕКТ DRAFT

1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.1 Производство цемента и извести

1.1.1 Структура и технологический уровень отраслей производства цемента и извести

В Республике Казахстан выпуск цемента осуществляется на 17 заводах полного цикла:

11 заводов современного сухого способа (ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» Vicat, АО «Карцемент» Steppe Cement, АО «Шымкентцемент», ТОО «Каспий Цемент» Хайдельберг Цемент, ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент», ТОО «Рудненский цементный завод», ТОО «Стандарт Цемент», ТОО «Производственное объединение «Кокше-Цемент», ТОО «Казахцемент», АО «ACIG» (Хантауский цементный завод); ТОО «Alacem» (Алацем) (Алматинская обл.).

3 завода мокрого способа производства (ТОО «ПК «Цементный завод Семей», ТОО «Бухтарминская цементная компания» Хайдельберг Цемент, ТОО «Sas-Tobe Technologies»);

и 3 небольших завода с шахтными печами (ТОО «Almaty Cement Company», ТОО «Жанатасский цементный завод», ТОО «Жамбыл Недр» (завод по производству цемента г. Каратау). Заводы с шахтными печами не работают или работают нестабильно или сезонно, долгое время простаивают, качество продукции низкое, сбыт цемента нестабильный. Поэтому в настоящем Справочнике НДТ их работа не анализируется и не описывается. Вклад этих заводов в выбросы в атмосферу совсем несущественный или даже полностью отсутствует.

Производителей цемента условно можно разделить на две группы:

- отечественные заводы;
- зарубежные холдинги, осуществляющие свою деятельность на территории РК.

Ведущие зарубежные производители представлены на казахстанском рынке компаниями:

- HeidelbergCement (Германия) - ТОО «Бухтарминская цементная компания», АО «Шымкентцемент», ТОО «Каспий Цемент»;
- Vicat (Франция) - ТОО «Жамбылская цементная производственная компания»;
- Steppe Cement (Малайзия) - АО «Central Asia Cement», АО «Карцемент», ТОО «Alacem».

Цемент является основным материалом, используемым для всех сфер строительства: промышленного, жилищного, дорожного, аэродромного, гидротехнического, сельскохозяйственного и др. При этом цемент остается относительно простым, универсальным и дешевым материалом для изготовления которого требуется распространенное и довольно доступное сырье. Объём

ПРОЕКТ DRAFT

производства цемента в Казахстане имеет тенденцию стабильного роста [3] (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Объемы производства цемента в Республике Казахстан за 2016-2020 гг.

Объем производства цемента по годам, млн тонн				
2016	2017	2018	2019	2020
9,030	9,3977	9,9583	9,993	10,8

К 2019 г. объемы потребления цемента увеличились почти в два раза по сравнению с 2011 г., составив более 11,5 млн тонн [4]. Проектная мощность всех цементных заводов составила более 16 млн тонн в год, однако уровень дозагрузки (по данным Ассоциации «Союз Цемент») все еще не превышает 65 %.

При потребности в цементе более 9,1 млн тонн ежегодно, в Казахстане уже сейчас производственные мощности достигают 16 млн тонн/год. То есть РК уже сейчас активно насыщает внутренний рынок и успешно экспортирует цемент в Узбекистан, Россию, Кыргызстан.

Объем производства цемента в Казахстане в 2020 г. вырос на 5,3 % и составил 10 млн 808,5 тыс. тонн. По данным Министерства индустрии и инновационного развития внутреннее потребление цемента составляет 9,1 млн тонн.

В 2020 г. объем экспорта цементной продукции из Казахстана увеличился на 18,4 % по сравнению с 2019 г., до 1,99 млн тонн. Стоимость экспорта выросла на 18,7 % и составила 100,4 млн долларов США. Основными странами-импортерами цемента из Республики Казахстан стали Узбекистан, Кыргызстан и Россия (таблица 1.2).

Таблица 1.2 - Экспорт цемента из Казахстана в 2020 году [5]

Страна импортер	Объем цемента, млн тонн	Рост в % в сравнении с 2019 г.	Стоимость импорта, млн долл. США	Рост в % в сравнении с 2019 г.
Узбекистан	1,30	22,3	67,4	26,3
Кыргызстан	0,42	15,4	18,5	15,7
Россия	0,2741	7,6	14,5	- 1,8

Объем импортируемого цемента в 2019 г. составил 401 тыс. т. Основной импортер цемента в РК в 2020 г. – Иран. За восемь месяцев 2020 г. Исламская Республика поставила в Казахстан 115,2 тыс. т цемента. Это 99 % от всего объема импорта за этот период (115,8 тыс. т). Почти весь импортный цемент (112,5 тыс. т) ушел в Мангистау. Из Германии Казахстан получил 456 т цемента (получатель – Атырауская область), из Китая – 150 т (получатель – Алматинская область) (рисунок 1.1) [6].

PROJECT DRAFT

Рисунок 1.1 - Экспорт – импорт цемента в Казахстан за 8 месяцев 2020 г.

В таблице 1.3 представлена отгрузка (производство) потребителям цемента, извести и клинкера по регионам Республики Казахстан в 2020 г.

Таблица 1.3 - Отгрузка потребителям цемента и извести, производство клинкера в 2020 г. по регионам Республики Казахстан

Область, город	Отгрузка (производство), тыс. тонн		
	Клинкер	Цемент	Известь
Акмолинская обл.	658,2	741	-
Жамбылская	1121,9	1592	-
Карагандинская	1415,0	1637,6	355,717
Мангистауская	768,1	879,3	-
Туркестанская	57,0	86,8	21,864
Восточно-Казахстанская	1740,1	2030,1	39,811
г. Шымкент	2588,9	3189,4	-
Костанайская обл.	-	35,0	-
Кзылординская	-	503,1	-
Актюбинкая	-	-	153,202
Алматинская	-	-	5,05
Западно-Казахстанская	-	-	26,38
Павлодарская	-	-	76,269
Республика Казахстан	8379,2	10694,3	678,293

Производство извести в Республике Казахстан в последние годы неуклонно снижалось (таблица 1.4).

ПРОЕКТ

Таблица 1.4 – Объемы производства извести в Республике Казахстан за 2016-2020 гг.

Объем производства извести по годам, тыс. тонн				
2016	2017	2018	2019	2020
1003,4	1 048,29	885,99	841,421	678,293

В Казахстане производство извести сосредоточено в семи областях (таблица 1.5), где расположены предприятия металлургии и заводы по выпуску силикатных изделий.

Таблица 1.5 – Объемы производства извести по областям Республики Казахстан в 2020 г.

Область	Объем производства, тысяч тонн	Типы печей
Карагандинская	355,717	Шахтные, вращающиеся
Актюбинская	153,202	Шахтные, вращающиеся
Павлодарская	76,269	
Восточно-Казахстанская	39,811	Шахтные, вращающиеся
Западно-Казахстанская	26,380	Шахтные, вращающиеся
Туркестанская	21,864	Шахтные
Алматинская	5,050	Шахтные

Силикатные заводы ТОО «Силикат» г. Семей, АО «Западно-Казахстанская корпорация строительных материалов» г. Уральск и др. для производства силикатного кирпича и бетона имеют собственные цеха по обжигу извести. Для изготовления этих изделий вполне пригодны 2 и 3 сорт строительной извести. Металлургические предприятия требуют известь в основном 1 сорта, многие заводы не имеют возможности производить известь такого высокого качества с активностью 91-94 %. Поэтому часть высококачественной извести для металлургов импортируют из сопредельных государств – России, Узбекистана.

Таким образом, в производстве цемента и извести сложилась парадоксальная ситуация, когда предприятия в среднем по году загружены на 65 %, при этом объем производства составляет 10,8 млн тонн из 16,9 млн тонн производственных мощностей. Таким образом, разница – это импорт, приходящий из РФ, КНР и стран ЕАЭС. Именно импорт мешает отечественным предприятиям дозагрузить свои мощности до 13-15 млн тонн цемента и извести в год.

В 2021 г., после выполнения программы «Государственная Программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы», суммарная проектная мощность предприятий достигнет 16,5 млн т цемента в год при ожидаемой внутренней потребности 14 млн т в год [4].

Казахстан обладает достаточными сырьевыми ресурсами для обеспечения национальных потребностей и экспортным потенциалом. Цемент казахстанских

ПРОЕКТ ДРАФТ

производителей в основном экспортируется в соседние страны Узбекистан, Россию, Киргизию. В то же время цемент импортируется из соседних регионов России.

Все 14 крупных предприятий по выпуску цемента Республики Казахстан по структуре являются предприятиями полного цикла, технологический уровень 11 предприятий является современным, поскольку они работают по энергосберегающему сухому способу производства клинкера.

1.1.2 Объекты по видам технологического процесса

В настоящее время на предприятиях Казахстана используются два способа производства цемента: сухой и мокрый [7, 8].

В мировой практике для получения цемента используют также - полусухой (W < 10-12 %) и полумокрый (W < 15-18 %) способы производства с расходом тепла соответственно 3300 и 5400 кДж/кг клинкера [9], а также печи, работающие по сухому способу без циклонных теплообменников. Эти способы занимают промежуточное положение между сухим и мокрым.

Основными факторами размещения предприятий цементной отрасли являются потребительский и сырьевой. Первый обуславливает размещение предприятий вблизи потенциальных потребителей, второй обусловлен наличием доступной сырьевой или топливной базы. Как правило, цементные заводы строятся рядом с карьерами сырья. При мокром способе сырьевые материалы измельчаются в присутствии воды, приготавливается и подвергается обжигу сырьевой шлам с влажностью 36-45 %. При сухом способе производится сухой помол сырья с одновременным подсушиванием, далее обжигу подвергается откорректированная и усредненная сырьевая мука с влажностью не более 1-2 %.

Заводы мокрого способа были построены в 50-60-ые гг. прошлого века, когда стоимость топливно-энергетических ресурсов в СССР была на порядок ниже. Мокрый способ является более энергоемким, малопроизводительным, потому более затратным. Поэтому в последние десятилетия строят только экономичные заводы сухого способа (таблица 1.6).

1.1.3 Объекты по сроку эксплуатации

Три завода мокрого способа производства были построены в период 1952–1964 гг. и находятся в эксплуатации в течение 57–69 лет (см. таблицу 1.6). За это время они неоднократно подвергались реконструкции и модернизации.

ПРОЕКТ DRAFT

Таблица 1.6 – Объекты по видам технологического процесса, сроку эксплуатации, по производственным мощностям

Заводы мокрого способа, построенные до 2010 года	Год введе-ния	Срок эксплуа-тации, лет	Проектная мощность, т/год	Заводы сухого способа, построенные в 2010 году и позднее	Год введения	Срок эксплуа-тации, лет	Проектная мощность, т/год
1.ТОО «ПК «Цементный завод Семей»	1958	63	1 150 000	1.ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» Vicat	2010	11	1 600 000
2.ТОО «Бухтарминская цементная компания» Хайдельберг Цемент	1964	57	1 400 000	2.ТОО «Стандарт Цемент»	2010	11	2 000 000
3.ТОО «Sas-Tobe Technologies»	1952	69	470600	3.АО «Central Asia Cement» Steppe Cement	2014 (1953)	7	2 200 000
				4.АО «Шымкентцемент» ХайдельбергЦемент	2016 (1958)	7	1 300 000
				5.ТОО «Каспий Цемент» ХайдельбергЦемент	2013	8	800 000
				5.ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент»	2018	3	1 000 000
				7.ТОО «Рудненский цементный завод»	2019	2	500 000
				8.ТОО «ПО «Кокше-Цемент»	2017	4	2 000 000
				9.ТОО «Казахцемент»	2014	7	1 000 000
				10.АО «ACIG» (Хантауский цементный завод);	2015	6	500 000
				11.ТОО «Alacem» (Алацем) (Алматинская обл.).	2020	1	1 000 000
Мокрый способ			3 020 600	Сухой способ			13 900 000
Всего цемента, т							16 920 600

ПРОЕКТ DRAFT

Одиннадцать заводов сухого способа являются новыми, были построены в период с 2010 по 2020 гг. [3], срок их эксплуатации на 2021 г. составляет от 1 до 11 лет.

Девять заводов сухого способа были построены с нуля:

- ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» Vicat;
- ТОО «Стандарт Цемент»:
- ТОО «Каспий Цемент» ХайдельбергЦемент;
- ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент»;
- ТОО «Рудненский цементный завод»;
- ТОО «Производственное объединение «Кокше-Цемент»;
- ТОО «Казахцемент»;
- АО «ACIG» (Хантауский цементный завод);
- ТОО «Alacem».

На цементных заводах Республики Казахстан установлены и работают 4 типа печей для обжига клинкера:

1.Длинные вращающиеся печи мокрого способа с внутрипечными теплообменниками – 10 ед.;

2.Печь сухого способа с двухветьевым четырехступенчатым циклонным теплообменником (печь №5 АО «Карцемент») – 1 ед.;

3. Печь сухого способа с двухветьевым четырехступенчатым циклонным теплообменником и декарбонизатором (печь №6 АО «Карцемент») – 1 ед.;

4.Печи сухого способа с пятиступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизаторами – 7 ед.

Два завода - АО «Шымкентцемент» (с 1958 г.) Хайдельберг Цемент и АО «Карцемент» (с 1953 г.) Steppe Cement вначале работали по мокрому способу.

Важнейшей характеристикой цементного завода является печной парк. В ТОО «ПК «Цементный завод Семей» установлены 3 вращающиеся печи мокрого способа с печами Ø4х150 м с рекуператорными холодильниками и 1 печь Ø4,5х170 м с колосниковым холодильником.

В ТОО «Бухтарминская цементная компания» Хайдельберг Цемент установлены 2 печи мокрого способа Ø5х185 м с колосниковыми холодильниками и 2 печи Ø4х100 м с рекуператорными холодильниками. В 2015-2020 гг. на ТОО «Бухтарминская цементная компания» на 2-х печах Ø4х100 м осуществлялся обжиг извести. В настоящее время производство извести на этом заводе остановлено, и на этих печах снова обжигают клинкер.

В ТОО «Sas-Tobe Technologies» эксплуатируются 2 печи мокрого способа производства: 1 вращающаяся печь Ø4х150 м и 1 печь Ø3,6х150 м. Для обжига извести на этом предприятии установлены 3 шахтные печи на природном газе. В 2020 г. одна вращающаяся печь этого завода Ø3,6х150 м была реконструирована и на ней периодически обжигали известь. В 2021 году завод перешел под управление новых инвесторов, которые после капремонта перевели вращающуюся печь на обжиг клинкера.

АО «Шымкентцемент» был построен в 1958 г. и первоначально состоял из 6 технологических линий с печами мокрого способа Ø4х150 м. В 2014 г. на месте 1-

DRAFT

ой и 2-ой линии «мокрых» печей была построена линия сухого способа, включающая усреднительные склады сырья, сырьевую мельницу и печь с циклонными теплообменниками и декарбонизатором. На этом предприятии в эксплуатации от первоначального завода оставили следующие цеха и отделения:

- отделение двухстадийного дробления известняка;
- крытый склад клинкера;
- цех помола с 8 цементными мельницами и компрессорным отделением;
- цементные силосы с цехом затаривания и отгрузки цемента.

На заводе АО «Карцемент» Steppe Cement первоначально в 1953 г. были построены 4 линии мокрого способа производства с вращающимися печами Ø3,6/3,3х150 м. В начале 1970-х гг. произошло расширение завода (условно Ново-Карагандинский цементный завод). На этом заводе построили 2 новые технологические линии сухого способа с печами Ø7,0;6,4х95 м с 4-х ступенчатыми двухветъевыми циклонными теплообменниками (без декарбонизаторов). В 2014 г. эти 2 печи были реконструированы, а старый завод с 4-мя технологическими линиями мокрого способа, построенными еще в 1953 г., был полностью выведен из эксплуатации.

Проектные производственные мощности предприятий отрасли, составляют 16 920 600 тонн цемента в год. На предприятиях установлено 23 печи: 10 печей мокрого и 13 печей сухого способа производства. На трех предприятиях используют мокрый способ, остальные 11 работают с использованием сухого способа получения цемента. Все предприятия, ранее введенные в эксплуатацию, прошли модернизацию, планируются мероприятия по дальнейшему внедрению современных технических решений.

1.1.4 Объекты по географической принадлежности

Территория Республики Казахстан огромная, ее площадь составляет - 2724900 млн км^2 [10]. Поэтому географическое расположение цементных заводов по территории (рисунок 1.2, таблица 1.6) существенно влияет на долю транспортных расходов в цене цемента, покупаемого строителями.

Так по данным Российского Справочника НДТ [9] доля затрат на перевозки в цене цемента в РФ в 2000 г. составила 10 %, а в 2014 г. значительно выросла и составила 20-30 %. Изменилась также и доля вида транспорта для доставки цемента потребителю. В 2009 г. по железной дороге было доставлено примерно 28 % цемента, а в 2014 г. около 31 %, т.е. небольшой рост. В 2014 г. в России в отношении автотранспорта картина значительно изменилась – объемы доставки цемента автотранспортом возросли с 41-42 % (2009 г.) до 72-73 % (2014 г.) – рост на 30 % [9]. Аналогичная ситуация и в Республике Казахстан.

Лучше всего обеспечен цементом Южный Казахстан. Здесь находятся 6 цементных заводов общей производственной мощностью 6,370 млн тонн.

Несмотря на это, один из крупнейших потребителей г. Алматы находится в 700 км от ТОО «Стандарт Цемент» и АО «Шымкентцемент», и в 480 км от ТОО «Жамбылская цементная производственная компания».

ПРОЕКТ DRAFT

Рисунок 1.2 - Карта расположения цементных заводов Республики Казахстан:
1 – ТОО «Каспий Цемент»; 2 – ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент»; 3 – АО «Шымкентцемент»;
4 – ТОО «Стандарт Цемент»; 5 – ТОО «Sas-TobeTechnologies»; 6 – АО «ACIG» (Хантауский цементный завод);
7 – ТОО «Жамбылская цементная произв. компания»; 8 – ТОО "Alacem"(Алацем); 9 – ТОО «Бухтарминская цементная компания»;
10 – ТОО «ПК «Цементный завод Семей»; 11 – АО «Central Asia Cement»; 12 – АО «Карцемент» Steppe Cement;
13 – ТОО «Казахцемент»; 14 – ТОО «Рудненский цементный завод»; 15 – ТОО ПО «Кокше-цемент»

Областной центр город Талды-Курган находится в 950 км от ТОО «Стандарт Цемент» и АО «Шымкентцемент», и в 720 км от ТОО «Жамбылская цементная производственная компания». Это очень большие расстояния для транспортировки такого многотоннажного строительного материала как цемент. Собственный вагонный парк завода ТОО «Стандарт Цемент» насчитывает 300 хоппер-цементовозов [11].

Производство цемента в ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» в 2018 г. составило 1,54 млн т, в 2019 г. – 1,55 млн т. Завод имеет 400 хоппер-цементовозов. В 2018 г. за рубеж поставлено 412 тыс. т цемента, в 2019 г. – 450 тыс. т [12].

Достаточно хорошо обеспечен цементом Восточный Казахстан, где работают три завода: ТОО «ПК «Цементный завод Семей», ТОО «Бухтарминская цементная компания» и ТОО «Казах Цемент». Ближайший к областному центру г. Усть-Каменогорску цементный завод ТОО «Бухтарминская цементная компания» расположен в пос. Октябрьский примерно в 90 км. Транспортировка цемента потребителям возможна железной дорогой, автотранспортом, водным транспортом по реке Иртыш в Павлодарскую область и по Бухтарминскому водохранилищу на восток и юг области.

В Центральном Казахстане ближайший к столице Республики г. Нур – Султан цементный завод АО «Central Asia Cement» находится примерно в 160 км, а ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» примерно в 700 км. ТОО «Производственное объединение «Кокше-Цемент» находится примерно в 330 км от г. Нур-Султан (по железной дороге).

Крупный промышленный центр г. Джезказган находится в 550-560 км от ближайшего завода АО «Central Asia Cement».

В Западном и Северном Казахстане работают только три завода: ТОО «Каспий Цемент», ТОО «Рудненский цементный завод», ТОО ПО «Кокше-цемент». Обеспеченность цементом в этих регионах желает лучшего. Ближайшие к областным центрам и крупным городам гг. Уральску, Актюбинску, Атырау, Павлодару, Петропавловску, Аркалыку цементные заводы находятся в 600-1200 км. Поэтому в этом регионе часть цемента импортируют из ближайших цементных заводов Российской Федерации. Правительство Казахстана предпринимает заградительные меры, чтобы местные строительные компании использовали отечественный цемент.

В Северном Казахстане работают небольшой Рудненский завод мощностью 0,5 млн тонн и ТОО «Производственное объединение «Кокше-Цемент». При проектной мощности 2 млн т в год этот завод в 2018 г. выпустил всего 435 тыс. т цемента, в 2019 г. – 448 тыс. т, т.е. производственные мощности были загружены лишь на 21,75-22,4 % [13]. За 9 месяцев 2020 г. предприятие выпустило 570,1 тыс. т клинкера и 644,3 тыс. т цемента. [14]. Завод выпускает общестроительные цементы типов ЦЕМ I 42,5Б; ЦЕМ I 32,5Н; ЦЕМ II/А-Ш 32,5Б, а также ПЦ400-Д20 и ПЦ400 Д0 [13]. На этом заводе установлена самая мощная в Казахстане печь с пятиступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизатором размерами Ø5,25х62 м производительностью 5500 т /сут [7].

ПРОЕКТ DRAFT

1.1.5 Объекты по производственным мощностям

Объекты по производственным мощностям (таблица 1.7) характеризуются следующим образом: 3 завода имеют производственную мощность менее 1 млн т, 11 заводов – более 1 млн т, в том числе 3 завода мощностью 2 млн тонн и более. В силу различных причин за последние 10 лет ни на одном из трех указанных заводов (двухмиллионников) Казахстана объем производства цемента не достигал проектных 2 млн тонн.

Таблица 1.7 - Объекты по производству цемента по производственным мощностям

Заводы мощностью менее 1 млн тонн/год	Проектная мощность, т/год	Заводы мощностью 1 млн тонн/год и более	Проектная мощность, т/год
1. ТОО «Sas-Tobe Technologies»	470 600	1.ТОО «ПК «Цементный завод Семей»	1 150 000
2.ТОО «КаспийЦемент» ХайдельбергЦемент	800 000	2.ТОО «Бухтарминская цементная компания» ХайдельбергЦемент	1 400 000
3.ТОО «Рудненский цементный завод»	500 000	3.ТОО «Жамбылская цементная производственная компания»Vicat	1 600 000
	1 770 600	4.АО «Central Asia Cement» Steppe Cement	2 200 000
		5.АО «Шымкентцемент» ХайдельбергЦемент	1 300 000
		6.ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент»	1 000 000
		7.ТОО «Стандарт Цемент»	2 000 000
		8. ТОО ПО «Кокше-Цемент»	2 000 000
		9. ТОО «Казах Цемент»	1 000 000
		10.АО «ACIG» (Хантауский цементный завод);	500 000
		11. ТОО «Alacem»	1 000 000
			15 650 000
Итого:		16 920 600 т	

1.1.6 Объекты по видам выпускаемой продукции

Производство цемента осуществляется на 14 крупных заводах, клинкера – на 1 заводе, извести - на 2 заводах (в настоящее время на 1 заводе) (таблица 1.8). Предприятия по выпуску цемента имеют общую мощность 16 920 600 тонн.

Таблица 1.8 – Объекты по производству цемента по видам выпускаемой продукции

Заводы по выпуску цемента	Мощ-ность, т/год	Заводы по выпуску клинкера	Мощ-ность, т/год	Заводы по выпуску извести	Мощ-ность, т/год

ПРОЕКТ DRAFT

1.ТОО «ПК «Цементный завод Семей»	1 150 000	1.АО «Карцемент» Steppe Cement	1 800 000	1.ТОО «Sas-Tobe Technologies»	175 200
2.ТОО «Бухтарминская цементная компания» ХайдельбергЦемент	1 400 000			2.ТОО «Бухтарминская цементная компания» *	20000 - 25000
3.ТОО «Sas-Tobe Technologies»	470 600				
4.ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» Vicat	1 600 000				
5.АО «Central Asia Cement» Steppe Cement	2 200 000				
6.АО «Шымкентцемент» ХайдельбергЦемент	1 300 000				
7.ТОО «КаспийЦемент» ХайдельбергЦемент	800 000				
8.ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент»	1 000 000				
9.ТОО «Рудненский цементный завод»	500 000				
10.ТОО «Стандарт Цемент»	2 000 000				
11. ПО ТОО «Кокше Цемент»	2 000 000				
12. ТОО «Казах Цемент»	1 000 000				
13.АО «ACIG» (Хантауский цементный завод);	500 000				
14. ТОО «Alacem»	1 000 000				
Итого:	16 920600		1 800 000		

* ТОО «Бухтарминская цементная компания» производила известь в 2018-2019 годах по ~20-25 тысяч тонн, в 2020 году выпуск извести прекратили

Один завод – АО «Карцемент» Steppe Cement выпускает клинкер – мощность 1 800 000 т. Из этого клинкера АО «Central Asia Cement» Steppe Cement размалывает цемент.

Два завода – ТОО «Sas-Tobe Technologies» и ТОО «Бухтарминская цементная компания» наряду с цементом выпускают известь.

В 2020 г. ТОО «Бухтарминская цементная компания» известь не производила. Печь №2 (100 м) снова переведена на обжиг цементного клинкера.

Цементные заводы Казахстана производят общестроительные и специальные цементы: портландцементы, портландцементы с минеральными добавками, шлакопортландцементы, сульфатостойкие портландцементы, тампонажные,

ПРОЕКТ DRAFT

дорожные цементы и портландцементы для хризотилцементных изделий (таблица 1.9).

На казахстанских цементных заводах в отношении общестроительных цементов параллельно действуют 2 стандарта: ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия [15] и гармонизированный с европейским ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия [16]. При выпуске и отгрузке цементов предприятия руководствуются ГОСТ 30515-2013 [17].

Кроме общестроительных выпускаются несколько видов специальных цементов. Выпуск специальных сульфатостойких цементов осуществляется по ГОСТ 22266-2013 [18], тампонажных цементов - по ГОСТ 1581-96 [19], дорожных цементов - по ГОСТ 33174-2014 [20], цементов для хризотилцементных изделий - по ГОСТ 10178-85 [21].

Как видно из данных таблицы 1.9, в Республике Казахстан, к сожалению, полностью отсутствует производство пуццолановых цементов класса ЦЕМ IV и композиционных ЦЕМ V цементов, портландцементов с минеральными добавками пуццоланы, с глиежом или обожженным сланцем, с микрокремнеземом. Цементы с добавками микрокремнезема могли бы выпускать цементные заводы ТОО «ПК «Цементный завод Семей» и ТОО «Бухтарминская цементная компания» Хайдельберг Цемент, так как в Восточном Казахстане имеются текущий выход и запасы микрокремнезема.

Портландцемент с золой ЦЕМ II/А-К(Ш-И-З) 42,5Н выпускает только ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент» используя золошлаки Кзылординской ТЭЦ (см. таблицу 1.9). Хотя большие запасы золошлаков имеются во многих регионах Республики.

Таким образом, в Республике имеются значительные возможности по выпуску многокомпонентных цементов, снижению доли клинкера в цементе и уменьшению объемов выбросов в атмосферу CO_2 за счет этого. Однако, цементные заводы не используют эти возможности ввода активных минеральных добавок и снижения доли клинкера в цементе.

Поскольку Республика Казахстан по объемам добычи углеводородного сырья входит в число ведущих стран мира, то разработка технологии получения и выпуск высококачественных тампонажных материалов приобретает важное значение.

Производство высококачественных тампонажных цементов, удовлетворяющих требованиям отечественных и зарубежных стандартов, налажено в ТОО «Стандарт Цемент», АО «Шымкентцемент», ТОО «Компания Гежуба Шиели цемент».

Таблица 1.9 - Ассортимент выпускаемой продукции по объектам

Заводы по выпуску цемента	Ассортимент выпускаемой продукции
1.ТОО «ПК «Цементный завод Семей»	По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ II/А-Ш 32,5Н; ЦЕМ II/А-Ш 42,5Н; ЦЕМ I 42,5Н; ЦЕМ I 42,5Б; ЦЕМ II/А-И 32,5Н; ЦЕМ II/А-П 32,5Н;

ПРОЕКТ DRAFT

	По ГОСТ 10178-85 - ПЦ 500 Д0; ПЦ 400 Д0; ПЦ 400 Д20; По ГОСТ 22266-2013 - ЦЕМ I 32,5Н СС; ЦЕМ II 42,5Н СС; По ТР ТС 014/2011 и ГОСТ 33174-2014 - ЦЕМ I 32,5Н ДП; ЦЕМ I 42,5Н ДП.
2.ТОО «Бухтарминская цементная компания» ХайдельбергЦемент	По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ II/А-Ш 42,5Н;ЦЕМ I 42,5Н; По ГОСТ 10178-85 - ПЦ 500 Д0;ПЦ 500 Д0-Н; По ГОСТ 22266-2013 - ЦЕМ I 42,5Н СС;
3.ТОО «Sas-Tobe Technologies»	По ГОСТ 10178-85 - ПЦ 400 Д0; ПЦ 400 Д20; ШПЦ 400 Д30; ШПЦ 300 Д40; По ГОСТ 22266-2013 - ЦЕМ II 42,5Н СС
4.ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» Vicat	По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ II/В-И 32,5Н; ЦЕМ I 42,5Н; ЦЕМ I52,5Н
5.АО «Central Asia Cement» Steppe Cement	По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ II/А-Ш 42,5Н; ЦЕМ I 42,5Н; ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н; По ГОСТ 10178-85 - ПЦ 500 Д0 Н; ПЦ 400 Д0-Н; ПЦ 400 Д20-Н; ШПЦ 300 Д20-80
6.АО «Шымкентцемент» ХайдельбергЦемент	По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ II/А-Ш 42,5Н; ЦЕМ I 42,5Н; ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н; По ГОСТ 10178-85 - ПЦ 500 Д0 Н; ПЦ 400 Д0-Н; ШПЦ 300 Д20-80; По ГОСТ 22266-2013 - ЦЕМ I 42,5Н СС; По ГОСТ 1581-96 - ПЦТ I-G-CC-1
7.ТОО «КаспийЦемент» ХайдельбергЦемент	По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ II/В-И32,5Н; ЦЕМ I 42,5Н; ЦЕМ II/А-К(Ш-Ц) 42,5Н; По ГОСТ 22266-2013 - ЦЕМ I 42,5Н СС;
8.ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент»	По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ I 52,5Н; ЦЕМ II/А-Ш 32,5Н; ЦЕМ II/А-Ш 42,5Н; ЦЕМ II/В-К(Ш-И) 32,5Б; ЦЕМ II/А-К(Ш-И-З) 42,5Н; По ГОСТ 22266-2013 - ЦЕМ I 42,5Н СС; По ГОСТ 1581-96 - ПЦТ I-G-CC-1
9.ТОО «Рудненский цементный завод»	По ГОСТ 10178-85 - ПЦ 500 Д0; ПЦ 400 Д0; ПЦ 400 Д20; По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ I 42,5Н; ЦЕМ I 32,5Н;ЦЕМ II/А-Ш 32,5Н;
10.ТОО «Стандарт Цемент»	По ГОСТ 31108-2016 - ЦЕМ I 32,5Н; ЦЕМ I 42,5Н; ЦЕМ I 52,5; ЦЕМ II/А-Ш 32,5Н; ЦЕМ II/А-Ш 42,5Н; ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н; По ГОСТ 22266-2013 - ЦЕМ I 32,5Н СС; ЦЕМ I 42,5Н СС; По ГОСТ 1581-96 - ПЦТI-G-CC-1

По условиям твердения строительная известь подразделяется на: известь воздушную и гидравлическую.

Различают следующие виды воздушной извести:

- известь негашеную комовую;
- известь негашеную молотую;
- известь гидратную (пушонку);
- известковое тесто [3].

ПРОЕКТ DRAFT

Известь негашеная комовая представляет собой смесь кусков различной величины. По химическому составу она полностью состоит из CaO и MgO с преимущественным содержанием CaO.

В зависимости от содержания оксида магния различают: кальциевую известь с содержанием MgO до 5 %; магнезиальную, в которой количество MgO составляет 5-20 % и доломитовую с содержанием MgO 20-40 %.

Примесь оксида магния изменяет свойства извести: магнезиальная известь (MgO 5-20 %) медленно гасится, выделяя меньше тепла, и, как доломитовая известь (20-40 % MgO), проявляет гидравлические свойства при пониженном содержании глинистых и песчаных примесей. Последнее вызвано меньшей растворимостью гидроксида магния в сравнении с $Ca(OH)_2$.

1.1.7 Сырьевая база Казахстана

Недра Казахстана богаты сырьем для производства цемента и извести.

Для производства портландцементного клинкера используются в основном карбонатные, глинистые породы и корректирующие компоненты (как правило, железосодержащие отходы других производств). Сырьевая смесь должна обеспечить получение заданного химико – минералогического состава клинкера [7].

По данным Чимкентского отделения ОРГПРОЕКТЦЕМЕНТА [22] и заводским данным, природные сырьевые материалы имеют, в основном, следующий химический состав (таблица 1.10).

Таблица 1.10 - Химический состав природного сырья

Материал	Химический состав, %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	$C1^-$	ППП
Известняки	3,76-6,75	0,47-2,0	0,36-1,47	49,8-55,15	0,2-1,48	0,1-1,1	0-0,28	0-0,18	0,01-0,031	39,65-41,16
Лессы	40,02-56,01	8,53-13,47	2,81-4,65	9,35-21,62	1,78-3,89	0,16-0,61	1,05-1,84	2,31-2,80	0,011	12,07-19,91
Мел	1,5	0,5	0,3	52,4	1,0	0,4	0,06	0,1	0,04	42,8
Песок	75,72-97,4	1,1-6,7	0.4-2,03	0,1-1,79	0.05-4,89	0,05-0,51	0,01-0,88	0,05-2,39	0,046	0,3-5,5
Руда железная	19,71-21,98	2,30-10,4	60,68-66,34	1,73-2,48	0,9-1,53	0,18-0,35	0,44	0,17	-	2,45-4,8

Оптимальным для цементной промышленности является сырье, обладающее следующими свойствами:

1. постоянством химического состава при таком содержании главных клинкерообразующих оксидов, которое бы позволяло готовить сырьевые смеси из минимального числа компонентов;

2. высокой размалываемостью, реакционной способностью и обжигаемостью;

3. температурные области реакций диссоциации основных компонентов сырьевых компонентов должны быть максимально приближены к друг – другу с

ПРОЕКТ DRAFT

целью снижения влияния рекристаллизационных процессов на ход клинкерообразования;

4. физические свойства сырья (природная влажность, структура и содержание кристаллических включений другого химического состава) должны обеспечивать получение качественного клинкера при минимальных энергозатратах [23].

Оценка качества сырья производится в основном по двум признакам: химическому составу и физическим свойствам. Из физических свойств наиболее важны влажность сырья, гранулометрический состав мягких пород, их способность размучиваться в воде, прочность и размалываемость твёрдых пород, минералогический состав и структура, наличие посторонних включений – гальки в глине, желваков кремния в известняке. Для глины важна пластичность – способность образовывать достаточно прочные гранулы для уменьшения пылевыноса из печи. Сырьевые материалы должны иметь достаточно однородный химический состав по простиранию и глубине месторождения.

Оптимальным отношением $SiO_2/A1_2O_3$ в алюмосиликатном компоненте для получения высококачественного клинкера является 3,5-3,8, но не выше 4. При этом обеспечивается оптимальное образование C_3A, обеспечивающее прочность в ранние сроки твердения. Очень вредным является крупнокристаллический кварц в глинистом компоненте (более 80 мкм), который трудно вступает во взаимодействие с CaO при температуре 1250-1450 °С, что связано с жесткой упорядоченностью его структуры [24].

Присутствие в сырье второстепенных оксидов MgO и SO_3 (в виде гипса, сульфатов щелочных металлов или сульфидов) регламентируется, а TiO_2, P_2O_5, R_2O, Mn_2O_3, Cr_2O_3 – не регламентируется. Щёлочи R_2O вредны даже в малых количествах, другие примеси в оптимальных концентрациях играют положительную роль, облегчая спекание клинкера (MgO, Mn_2O_3), или повышая гидравлическую активность цемента (P_2O_5, Cr_2O_3, TiO_2). Содержание MgO в клинкере регламентировано - до 5 %, других оксидов не регламентировано. Содержание щёлочей в клинкере не должно превышать 0,75-1,0 %, P_2O_5 – 1-2 %, Mn_2O_3 – 4 % , Cr_2O_3 – 1,5 %.

Предельные значения содержания вредных и нежелательных оксидов в сырьевой шихте и клинкере [7] приведены в таблице 1.11.

Карбонатные породы вносят в сырьевую шихту оксид кальция, глинистые – оксиды SiO_2, $A1_2O_3$, Fe_2O_3. При недостатке оксида железа вводится третий компонент – корректирующая железистая добавка – пиритные огарки (побочный продукт производства серной кислоты), колошниковую пыль (унос из доменной печи), бедную железную руду, красный шлам (отход производства алюминия). В некоторых случаях для корректировки величины силикатного модуля вводят кремнезёмистые добавки – кварцевый песок, который вносят в сырьевую шихту недостающее количество SiO_2.

ПРОЕКТ DRAFT

Таблица 1.11 - Предельные значения содержания вредных и нежелательных оксидов в сырьевой шихте и клинкере

Показатели	Рациональные предельные значения	
	Сырьевая шихта*	Клинкер
Коэффициент насыщения	0,80-0,92 / 1,03- 1,07	0,88-0,95
Силикатный модуль	1,90- 2,60/ 2,02-2,60	1,90-3,00
Глиноземный модуль	0,90-1,60 /0,90- 1,50	0,90-2,00
	Содержание оксидов, %	
MgO, не более	3,2 / 3,1	5,00
SO_3	1,00 / 0,80	1,50
$R_2O = Na_2O + 0{,}658K_2O$, не более	0,80 / 1,70	1,20
Ионы хлора Cl^-, не более	0,015 при отсутствии байпаса дымовых газов	
TiO_2, не более	1,30 / 1,30	2,0
P_2O_5, не более	0,30 / 0,30	

* - беззольное топливо / топливо с золой (уголь)

К карбонатным породам относятся известняк, мел, мрамор, известняк-ракушечник, известковый туф. Примесями в них являются глинистые вещества, доломит, кварц, гипс. Примеси глины не являются вредными. Повышенное содержание доломита и гипса нежелательно, т.к. содержание MgO в клинкере не должно превышать 5 % [7]. Процентное содержание карбонатной породы в составе сырьевой смеси составляет 70-80 %. Известняки и мела – осадочные породы. Примесями в известняках и мелах являются алюмосиликатные минералы глин, кварц, опал, халцедон, оксиды железа, гипс, пирит (Fe_2S), фосфорит (апатит), барит ($BaSO_4$), карбонат магния (доломит).

Глинистые породы – природный землистый тонкодисперсный материал, который при смешивании с водой становится пластичным. К ним относятся собственно глины, аргиллиты, сланцы, лёсс, бентонит, суглинки.

Сланцы – скальная порода, продукт перекристаллизации глин. Лёсс – землистая рыхлая порода, состоящая из пылевидных частиц кварца, полевого шпата, слюд, каолинита, кальцита. Пластичность его невелика. Лёсс используют в основном заводы Средней Азии и Казахстана. Суглинки – глины содержащие значительное количество кварца (до 40 %). Глинистые сланцы – твёрдые, плотные горные породы с ориентированным расположением слагающих минералов, тонкослоистой и хорошо выраженной сланцеватостью, способностью легко раскалываться на тонкие пластинки.

Кроме того, в зависимости от каждой геологической формации и карьера сырье, а также альтернативное сырье может содержать второстепенные элементы, такие как металлы, органические и другие соединения (хлор, фтор, сульфиды, такие как пирит и т. д.), которые могут образовываться, если концентрации являются чрезмерными и / или условия эксплуатации печи благоприятны, выбросы в атмосферу металлов (например, ртути, свинца, хрома, меди и т. д.),

общего органического углерода, хлористого и фтористого водорода, диоксида серы, диоксинов и фуранов и т. д.

В качестве примера и в информационных целях в таблице 1.12 показано среднее содержание металлов в различных типах глин и известняков.

Таблица 1.12 - Среднее содержание металлов в различных типах глин и известняков по [25]

Элементы		Глина и аргиллит	Известняк, мергель и мел	Сырьевая мука
		мг/кг (по сухому веществу)		
Сурьма	Sb	Нет данных	1-3	<3
Мышьяк	As	13-23	0,2-20	1-20
Бериллий	Be	2-4	0,05 -2	0,1-2,5
Свинец	Pb	10-40	0,3 -21	4-25
Кадмий	Cd	0.02-0.3	0,04-0,7	0,04-1
Хром	Cr	20-109	1,2-21	10-40
Кобальт	Co	10-20	0.5-5	3-10
Медь	Cu	Нет данных	3-12	6-60
Марганец	Mn	Нет данных	<250	100-360
Никель	Ni	11 - 70	1,5 -21	10-35
Ртуть	Hg	0,02-0,15	<0,01-0,13	0,01-0,5
Селен	Se	Нет данных	1-10	<10
Теллур	Te	Нет данных	<4	<4
Таллий	Tl	0,7- 1,6	0,05-1,6	0,11-3
Ванадий	V	98-170	4-80	20-102
Олово	Sn	Данные недоступны	<1-5	<10
Цинк	Zn	59-115	10-40	20-47

То же самое может произойти с альтернативным сырьем (отходами), используемыми для замены ископаемых материалов (например, отработанный формовочный песок, техническая известь, известковые шламы, колчеданный шлак, железные шлаки, медные шлаки, летучая зола, шламы от промышленной деятельности и очистки городских вод, растения и т. д.) (см. раздел 4.9).

Для альтернативных материалов (отходов) в некоторых странах мира предельные значения устанавливаются властями для отдельных разрешений или для всего цементного сектора в данной стране (например, в таблице ниже показаны предельные значения для отходов, используемых в качестве сырья [26].

Возможное содержание различных металлов в горючих и других отходах приведено в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Ориентировочное содержание различных металлов в отходах*

Элемент	Ориентировочное значение [мг/кг сухого вещества]		
	Колонка А для горючих отходов (слева: в мг/МДж; справа: в мг/кг, исходя из более низкой теплотворной	Колонка В для отходов, используемых в качестве альтернативного сырья	Колонка С для отходов, используемых в качестве компонентов на стадии

		способности 25 МДж /кг)			измельчения при производстве портландцемента
		мг/МДж	мг/кг	мг/кг	мг/кг
Мышьяк	As	0,6	15	20	30
Сурьма	Sb	0.2	5	5	5
Барий	Ba	8	200	600	1000
Бериллий	Be	0,2	5	3	3
Свинец	Pb	8	200	50	75
Кадмий	Cd	0,08	2	0.8	1
Хром	Cr	4	100	100	200
Кобальт	Co	0,8	20	30	100
Медь	Cu	4	100	100	200
Никель	Ni	4	100	100	200
Ртуть	Hg	0,02	0,5	0,5	0,5
Селен	Se	0,2	5	1	5
Серебро	Ag	0,2	5	-	-
Таллий	Tl	0,12	3	1	2
Ванадий	V	4	100	200	300
Цинк	Zn	16	400	400	400
Олово	Sn	0,4	10	50	30

* Примечание к таблице 1.13:

Колонка А - применяется к отходам, используемым в качестве топлива, которые вводятся либо в главную горелку на выходе клинкера вращающейся печи, либо на входе во вращающуюся печь. Ориентировочные значения в столбце А [мг/МДж] основаны на более низкой теплотворной способности отходов. Для ясности приведены также ориентировочные значения в [мг/кг отходов], основанные на более низкой теплотворной способности 25 МДж/кг. Значение 25 МДж/кг соответствует теплотворной способности каменного угля. Если теплотворная способность отходов ниже или выше 25 МДж/кг, допустимое содержание тяжелых металлов изменяется пропорционально.

Колонка Б - относится к отходам, используемым в качестве альтернативного сырья и корректирующего сырья при производстве клинкера. Эти отходы заменяют часть обычно используемого сырья или служат для корректировки состава сырьевой муки, то есть содержания кальция, железа, кремния или алюминия.

Колонка С - относится к отходам, используемым в качестве компонентов на стадии измельчения при производстве портландцемента. Портландцемент состоит из 90-95 % молотого цементного клинкера и 5-10 % гипса, а также других компонентов, добавленных на стадии измельчения).

В связи с дефицитом пиритных огарок на некоторых цементных заводах в качестве корректирующих железосодержащих добавок используются гранулированные шлаки цветной металлургии, которые содержат железо в основном в виде FeO. По некоторым технологическим свойствам шлаки лучше, чем огарки: они не пылят, не зависают в бункерах, однако они обладают большей твердостью, плохо размалываются, содержание железа в них меньше и поэтому требуется их больший расход.

ПРОЕКТ DRAFT

В качестве карбонатного сырья все казахстанские заводы используют известняк, только ТОО «Каспий Цемент» использует мягкую карбонатную породу – мел (таблица 1.14). В качестве алюмосиликатного компонента используются глина, лесс, суглинки или глинистые сланцы.

Таблица 1.14 - Природные сырьевые материалы и техногенные продукты, используемые на заводах Казахстана для получения клинкера и цемента

Природное сырье для производства клинкера		
Карбонатный компонент	Глинистый (алюмосиликатный) компонент	Корректирующая добавка
известняк мел	глина лесс глинистый сланец суглинки	железная руда песок
Техногенное сырье для производства клинкера		
фосфорный шлак доменный шлак	фосфорный шлак доменный шлак	огарки медеплавильные шлаки свинцовые шлаки
Природное сырье для производства цемента		
	Минеральная добавка	Регулятор схватывания
	известняк мел	гипсовый камень
Техногенное сырье для производства цемента		
	фосфорный шлак доменный шлак золошлаки	фосфогипс

В качестве железистой корректирующей добавки используются пиритные огарки, железная руда, медеплавильные или свинцовые шлаки. Пиритные огарки отход сернокислотного производства после обжига колчеданов. Пиритные огарки состоят главным образом из железа (40-63 %) с небольшими примесями серы (1-2 %), меди (0,33-0,47 %), цинка (0,42-1,35 %), свинца (0,32-0,58 %) и других металлов [27].

Отдельные предприятия - ТОО «Стандарт Цемент», ТОО «Гежуба Шиели Цемент», ТОО «Каспий Цемент» - используют другую корректирующую добавку – кварцевый песок – для доведения величины силикатного модуля до необходимых заданных значений [28]. Доля известняка в составе сырьевой шихты составляет 70-80 %, алюмосиликатного или глинистого компонента – 20-30 %, корректирующей добавки – 3-5 %.

В качестве добавки при помоле цемента для регулирования сроков схватывания цементов используются природный гипсовый камень Жамбылского, Индерборского месторождения (Атырауская обл.) и частично месторождения Баганалы (Туркестанская обл.).

Наиболее далеко расположены карьеры известняка у ТОО «ПК «Цементный завод Семей» - 88 км, ТОО «Стандарт Цемент» - 45 км, АО «Шымкентцемент» - 30 км, транспортировка осуществляется по железной дороге. На других заводах карьеры известняка расположены рядом 2-10 км, транспортировка

ПРОЕКТ DRAFT

автосамосвалами. Расстояние доставки глинистого сырья составляет 2-14 км, транспортировка в основном автосамосвалами. На заводе ТОО «ПК «Цементный завод Семей» частично используется гидротранспорт глины.

Альтернативные виды сырья

Все цементные заводы в качестве активной минеральной добавки используют доменные и электротермофосфорные гранулированные шлаки по ГОСТ 3476-2019 [29].

Несмотря на наличие значительных запасов техногенного сырья, цементные заводы не стремятся к их максимальному использованию для повышения эффективности своей работы. Это обусловлено несколькими причинами:

- высокие отпускные цены на отходы;
- высокие транспортные расходы на доставку техногенного сырья на завод;
- нежелание или отсутствие интереса у заводчан заниматься новыми проблемами по утилизации техногенного сырья, перенастройки параметров технологического процесса и т.п.

Государственная политика Казахстана в области обращения с отходами определена в Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике и направлена на внедрение раздельного сбора отходов, развитие сектора переработки отходов с получением продукции из вторсырья с привлечением инвестиций, в том числе через государственно - частное партнерство. Согласно Концепции к 2030 г. доля переработки отходов должна быть доведена до 40 %, к 2050 г. – до 50 % [30].

В 2019 г. доля переработки ТБО составила 14,9 % (по сравнению с 2018 г. (11,5 %), увеличилась на 3,4 %.

Анализ базы данных подсистемы государственного кадастра отходов производства и потребления ЕИС ООС, сформированной на основании отчетов по инвентаризации отходов природопользователей, показал, что объем образованных опасных отходов в 2018 г., по сравнению с 2017 г., увеличился на 23 088,1 тыс. тонн (или 18 %), а в 2019 г., по сравнению с 2018 г, – еще на 30 544,35 тыс. тонн (или 20 %). Объем образованных неопасных отходов за 2019 г. увеличился на 57 302,55 тыс. тонн (или 20 %) относительно 2017 г. и на 39 996,35 тонн (или 14 %) относительно 2018 г.

Объем образованных неопасных отходов в 2019 г. увеличился на 17 % по сравнению с 2017 г. и на 12 % по сравнению с 2018 г. (таблица 1.15).

Таблица 1.15 - Объемы образованных неопасных отходов за 2017-2019 гг. по РК (тыс. т)

Неопасные отходы, по годам	2017	2018	2019
Упаковочные материалы	55,4	37,1	82,6
Макулатура	130,4	211,3	227,7
Отходы пластика	5,3	13,3	68,84
Отходы электронного и электрического оборудования	10,3	4,0	1,32

ПРОЕКТ DRAFT

Крупногабаритные отходы	0,8	3,8	73,7
Строительные отходы	531,3	690,0	486,1
Другие отходы	277 415,3	294 495,3	334 511

Основными отраслями «образователями» неопасных отходов за 2019 г. являются горнодобывающая (318 683,45 тыс. тонн) и обрабатывающая отрасли промышленности (9 963,25 тыс. тонн) и профессиональная научная и техническая деятельность (3 148,04 тыс. тонн)

Наилучшие доступные техники по переработке отходов предусматриваются разделом 9 приказа Министра энергетики Республики Казахстан от 28 ноября 2014 года № 155 [31]. Результатом переработки и утилизации отходов являются вторичные материальные или энергетические ресурсы.

Критерии отнесения отходов потребления к вторичному сырью утверждены приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 19 июля 2016 года № 332 [32].

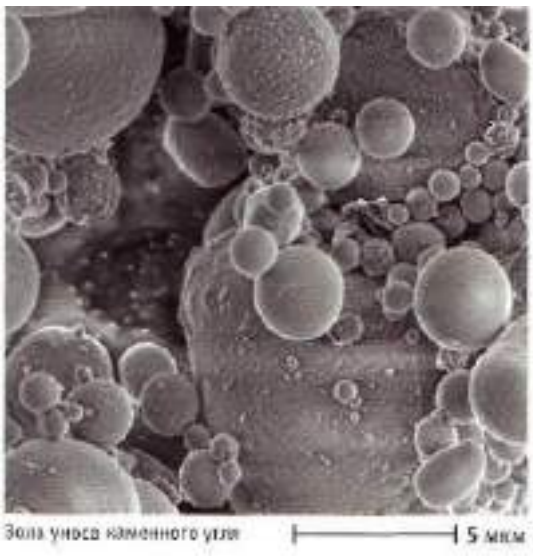
В металлургической, химической и энергетической промышленности в качестве отходов накоплены значительные количества различных шлаков - продуктов кристаллизации и грануляции алюмосиликатных расплавов:доменные, мартеновские шлаки, шлаки цветной металлургии (медеплавильные, свинцовые, никелевые), электротермофосфорные шлаки, топливные шлаки (с жидким шлакоудалением).

На тепловых электростанциях ТЭС, ТЭЦ в огромном количестве образуется зола-унос - побочный продукт, остающийся при сжигании твердого топлива в пылевидном состоянии и уловленный электрофильтрами или циклонами. Топливные гранулированные шлаки являются продуктом водной грануляции расплава, удаляемые из энергетических топок с жидким шлакоудалением. Золошлаковые смеси представляют собой полидисперсные массы из отвалов тепловых электростанций.

Эти отходы являются хорошими сырьевыми материалами, поскольку они уже прошли тепловую обработку, карбонатный компонент разложен, на что затрачивается значительное количество тепла при обжиге клинкера. Шлаки находятся частично в стеклообразном состоянии, что повышает их реакционную способность (рисунок 1.3). Так в золе преобладает стекловидная фаза в виде частиц шарообразной формы размером до 100 мкм.

ПРОЕКТ DRAFT

а)



б)

Рисунок 1.3 – Структура измельченного гранулированного доменного шлака (а) и золы уноса каменного угля (б)

Часть минералов шлаков - это минералы клинкера (C_2S), что также делает их высококачественным сырьем. При использовании шлаков в качестве сырья печи работают с большей производительностью, снижается расход тепла на процессы клинкерообразования, снижаются теплозатраты на эндотермическую реакцию разложения карбоната кальция. Значительное количество шлаков используется в качестве активной минеральной добавки при помоле цементов.

Доменные шлаки (таблица 1.16) делятся на основные, модуль основности которых больше единицы и кислые с модулем основности меньше единицы. Главная оценка качества шлаков осуществляется по коэффициенту качества К.

Таблица 1.16 – Состав доменного гранулированного шлака

Показатель	Сорт доменного граншлака		
	1	2	3
Коэффициент качества, не менее	1,65	1,45	1,2
Содержание, %, Al_2O_3, не менее	8	7,5	не норм.
MgO, не более	15	15	15
TiO_2, не более	4	4	4
MnO, не более	2	3	4

Доменные шлаки образуются в АО «Арселлор Миттал Темиртау» в г. Темиртау Карагандинской обл.

Состав гранулированных шлаков приведен в таблице 1.17.

Доменные шлаки состоят из ортосиликата кальция – C_2S, ранкинита – C_3S_2, волластонита – CS, геленита – C_2AS, тридимита.

Таблица 1.17 - Усредненный химический состав доменных, электротермофосфорных и сталеплавильных шлаков

	Химический состав, %

Гранулированный шлак	SiO_2	$A1_2O_3$	CaO	MgO	Fe_2O_3 FeO	SO_3	P_2O_5	MnO
Доменный	33-44	4-20	30-49	2-15	0,3-0,8	0,5-2,9	–	0,3-3
Электротермо-фосфорный	40-43	1-3	42-49	3-4	0,4-1	2-3	0,9-3	–
Сталеплавильный	25-40	1-10	32-40	1-12	5-20	-	-	4-8

Шлаки электротермофосфорные (ЭТФШ) являются побочным продуктом при производстве желтого фосфора методом возгонки в электропечах и быстрого охлаждения. Они содержат до 90-95 % стекла. Гранулированные ЭТФШ состоят в основном из стекла и волластонита CS, отвальные - из псевдоволластонита, ранкинита, флюорита, силикофосфата.

Требования ГОСТ 3476-2019 [29] к составу фосфорных шлаков следующие, %: SiO_2 не менее 40; CaO не менее - 43; P_2O_5 не более 2,5.

По ГОСТ [29] содержание топливных (горючих) остатков в золах, применяемых как добавка к цементу, должно быть не более 5 %, SiO_2 не менее 40 %, SO_3 не более 2 %, щелочей не более 2 %, ППП не более 5 %, дисперсность должна быть такой, чтобы через сито № 008 проходило не менее 85 % просеиваемой пробы.

Шлаки электротермофосфорные (ЭТФШ) являются побочным продуктом при производстве желтого фосфора методом возгонки в электропечах и быстрого охлаждения.

В Казахстане фосфорные шлаки образуются на Ново-Джамбулском фосфорном заводе (НДФЗ) г. Тараз. При работе Чимкентского фосфорного завода (до 1990 гг.) также образовался большой отвал граншлака, большая часть которого в настоящее время выработана.

В 1980 г. в АО «Шымкентцемент» для стабильной подачи шлака во все шесть печей Ø4х150 м была построена стационарная транспортная линия от шлакосушильного отделения до питателей на холодном конце печи. В каждую печь по течке подавали около 4 т фосфорного шлака в час. Производительность печных агрегатов увеличилась с 35 до 38-39 т/час или более чем на 10 %, снизился удельный расход топлива, увеличился выпуск клинкера и цемента. АО «Шымкентцемент» находился в 3 км от фосфорного завода [7].

В 1980 г. по разработкам профессора С.В. Тереховича на Сас - Тюбинском цементном заводе была внедрена энергосберегающая технология производства клинкера белого портландцемента. Шлаки Джамбулского ПО «Химпром» и Чимкентского ПО «Фосфор» использовались в качестве компонента сырьевого шлама, полностью заменяя каолин и частично – известняк. Осуществлялось дополнительное питание печей фосфорным шлаком с холодного конца. В результате производительность вращающихся печей выросла на 20-35 %, удельный расход топлива снизился на 20-30 %, белизна белого клинкера повысилась на 4-6 % [33] .

ПРОЕКТ DRAFT

Ресурсы топливных зол, шлаков, других отходов огромны. Так по данным Российского справочника НДТ [9] ежегодный выход отходов в России составляет десятки и сотни миллионов тонн, а процент использования всего от 0,5 до 30 % (таблица 1.18).

Таблица 1.18 - Выход и использование отходов в России

Наименование отходов	Годовой выход	Процент использования	Наличие в отвалах
Золы и шлаки ТЭС, млн т	40	7	150
Шлаки доменные, млн т	40	20	360
Шлаки цветной металлургии, млн т	50	2	450
Шлаки ЭТФ, млн т	20	8	130
Шлаки сталеплавильные, млн т	10	0,5	70
Фосфогипс, млн т	25	5	280
Огарки пиритные, млн т	7	30	40
Отсевы известняка, млн т	175	7	н/д

Выработка запасов качественного сырья на карьерах многих цементных заводов требуют изыскания новых нетрадиционных видов сырьевых материалов для производства клинкера.

В ЮКГУ им. М. Ауезова в качестве альтернативного сырья изучены и предложены тефритобазальты, диабазы, сиениты, отходы угледобычи, золошлаки, фосфорные и свинцовые шлаки.

Химический состав альтернативного сырья, пригодного для получения клинкера и цемента в РК, приведен в таблице 1.19.

Альтернативные сырьевые материалы (промышленные отходы), представленные в таблице 1.10 могут содержать высокое содержание металлов (Pb, Cu, Zn и т. д.), что, вероятно, может привезти к выбросам большого количества металлов в атмосферу. Поэтому, перед использованием данных отходов в промышленных масштабах необходимо провести испытания и измерить в дымовой трубе печи все соответствующие загрязнители, в том числе 12 металлов, а также диоксины и фураны.

В Республике Казахстан накоплены большие объемы отходов угледобычи и углеобогащения в Карагандинском и Экибастузском регионах. Терриконы находятся буквально в 10-20 км от АО «Central Asia Cement». В Туркестанской обл. имеются терриконы отходов угледобычи ленгерских шахт, находящихся в 20-40 км от ТОО «Стандарт Цемент», АО «Шымкентцемент» и ТОО «Sas-Tobe Technologies».

DRAFT

Таблица 1.19 - Химический состав альтернативного сырья и отходов промышленности, пригодных для получения клинкера и цемента

Материалы и отходы	Содержание оксидов, масс.%													
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	R_2O	TiO_2	P_2O_5	ZnO	PbO	CuO	ппп	проч
Базальт	45-56	14-22	9-16	4-13	1,6-12	-	2,2-5,6	-	-	-	-	-	-	-
Перлит	68-75	13-16	0,4-3	0,8-2	-	-	1-8	-	-	-	-	-	2-6	-
Диабаз	50,42	13,35	15,92	7,99	3,99	-	4,12	-	-	-	-	-	1,5	2,71
Сиенит	65,1	14,05	3,23	3,74	1,31	-	4,78	-	1,4	-	-	-	1,84	4,55
Отход обогащения известняка Састобе	10,75	1,47	0,74	48,25	1,0	0,3	-	---	-	-	-	-	37,49	-
Тефритобазальт	45,7	16,27	9,5	10,8	4,03	0,06	6,54	0,91	-	0,91	-	-	5,28	-
Свинцовый шлак	23,91-25,24	5,25-6,44	37,25-38,12	14,71-15,09	2,97-6,15	0,04-3,84	0,04-4,6	-	-	4,34	0,52	1,1	-	0,26
Медеплавильный шлак	32,38	6,57	45,48	6,99	1,71	2,99	0,94	-	-	-	-	-	-	3,04
Отходы угледобычи	56,24	10,39	3,61	1,43	0,40	2,72	-	-	-	-	-	-	24,48	0,73
Отходы углеобога-щения (Караганда)	57,94	23,93	4,33	0,86	1,48	0,37	4,83	1,08	-	-	-	-	4,5	0,68
Карбидная извест-пушонка	4,15	0,97	0,96	67,64	0,88	0,56	-	-	-	-	-	-	24,35	0,49
Зола отхода угледобычи	73,8	13,7	4,78	2,36	0,68	0,69	3,09	0,6	-	-	-	-	0,16	0,74
Золошлаки	51,97-58,5	26,42-28,8	4,80-13,78	1,35-3,40	0,73-1,5	0,22-0,4	-	-	-	-	-	-	4,2-4,7	-

ПРОЕКТ DRAFT

В ТОО «Sas-Tobe Technologies» на печи Ø4х150 м были проведены промышленные испытания энергосберегающей шихты, включающей известняк 74,92 %, отход угледобычи + тефритобазальт (1:1) 18,63 %, свинцовый шлак 6,45 %. Установлено улучшение работы печи, качество клинкера хорошее, содержание CaO свободной 0,5-1,5 %, обмазка в зоне спекания устойчивая, температура обжига снизилась на 100-110 ºС, средняя часовая производительность печи увеличилась с 30 т/ч до 34,5 т/ч или на 15,1 %, расход натурального топлива снизился с 380 кг/т до 307,8 кг/т или на 19 %, расход условного топлива снизился с 271 до 219,5 кг усл. топлива на 1 т клинкера. Прочность экспериментальных сульфатостойких цементов через 28 сут при изгибе составляет 6,7 МПа, при сжатии 45,4 МПа. Прочность пропаренных образцов 4х4х16 см составила при изгибе 4,6 МПа, при сжатии 30,3 МПа [34].

Технологическая схема энерго- и ресурсосберегающего производства цементов с использованием отходов угледобычи, тефритобазальта и свинцового шлака приведена на рисунке 1.4.

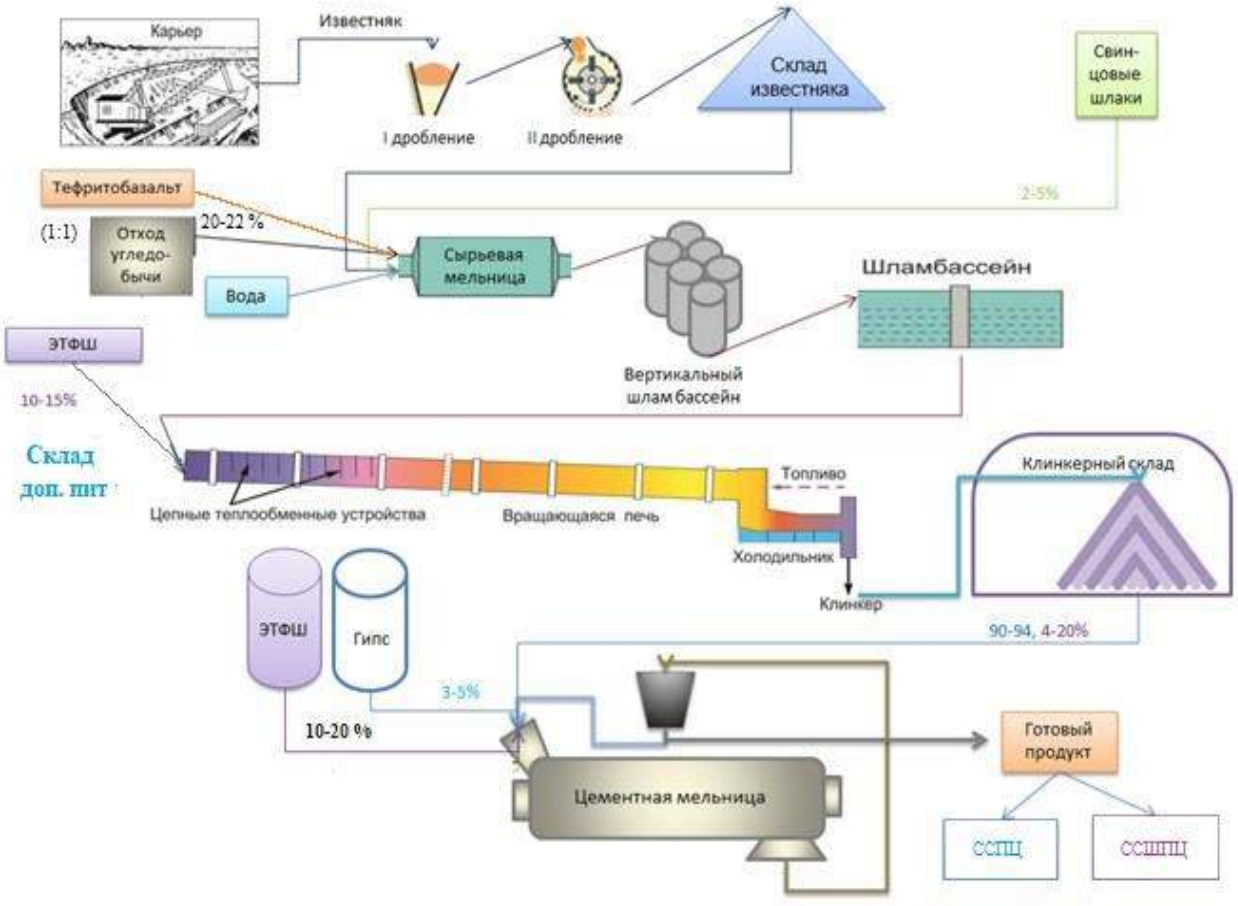


Рисунок 1.4 - Схема производства цемента по энерго- и ресурсосберегающей технологии с использованием отходов угледобычи, тефритобазальта и свинцового шлака

По вышеуказанной схеме производства (рисунок 1.4) произведены экономические расчеты (смотрите Приложение Б).

В ТОО «Стандарт Цемент» на печи сухого способа Ø4х60 м проведены производственные испытания энергосберегающей технологии получения тампонажных цементов при введении фосфорного шлака вместо кварцевого песка [35] .

В процессе обжига установлено улучшение работы вращающейся печи, увеличилась степень декарбонизации материала, поступающего из циклонного теплообменника в печь, в среднем на 3 %, что объясняется снижением доли карбонатов кальция в составе сырьевой смеси и их заменой низкоосновными минералами фосфорного шлака волластонитом. Расход пылеугольного топлива, подаваемого в форсунки декарбонизатора и в печь, снизился на 1-2 %, защитная обмазка в зоне спекания была более устойчивая и равномерная, производительность печи повысилась с 105 т/час до 108,2 т/час.

В Казахстане в Карагандинской обл. имеются значительные запасы сталеплавильных шлаков. Ближайшими к этому региону являются АО «Central Asia Cement» и ТОО «Жамбыл Цемент». А в Российской федерации накоплен достаточный опыт использования таких сталеплавильных шлаков. В ЗАО «Осколцемент» при подаче в печи Ø5х185м 12,5 и 19,2 % сталеплавильного шлака удельный расход условного топлива снизился с 212 до 190 и 169 кг/т клинкера, экономия топлива составила 22 и 44 кг/т соответственно. Кроме того, произошло снижение выбросов CO_2 в атмосферу на 9,3 и 19,5 % соответственно.

Результаты исследований были внедрены на ЗАО «Осколцемент» для выпуска дорожного и аэродромного цемента. Клинкер получали обжигом сырьевой смеси при 1350°С, что обеспечивает до 30 % экономии топлива и увеличивает производительность печи на 5 т/ч [36].

Карбидная известь-пушонка является побочным продуктом карбидно-ацетиленового производства и образуется в Карагандинском заводе синтетического каучука в г. Темир-Тау. Это порошок голубоватого цвета с запахом аммиака. Объемная масса в рыхлом состоянии – 0,49 т/м^3, в уплотненном - 0,83 т/м^3, удельная поверхность – 2100 см^2/г.

С использованием в качестве сырья карбидной извести-пушонки, фосфорных и доменных шлаков с минерализаторами разработана безкарьерная низкотемпературная технология получения клинкера и цемента при полной замене природного сырья техногенными продуктами [37-39].

Выработка запасов качественного сырья на карьерах многих цементных заводов требуют изыскания новых нетрадиционных видов сырьевых материалов для производства клинкера.

Исследования, проведенные А.А. Пащенко, Е.А. Мясниковой в Киевском политехническом институте, показали высокую эффективность базальтов и перлитов при выпуске портландцементного клинкера. Это вулканические породы широко распространенные в природе, отличающиеся низкой влажностью, содержащие легирующие примеси TiO_2, VO_2, BaO [40].

Базальт – широко распространенная эффузивная горная порода, относится к числу наиболее распространенных – на ее долю приходится более

20 % магматических пород. По содержанию кремнезёма и других оксидов базальты относятся к основным породам. В Казахстане месторождения и отходы дробления базальтов имеются в Восточно-Казахстанской обл.

Перлит – кислое вулканическое водосодержащее стекло сравнительно постоянного химического состава.

Диабазы являются полнокристаллической магматической породой палеотипного облика, состоящей из плагиоклаза, лабрадора и авгита, обладающая диабазовой структурой. При термической обработке диабазы полностью расплавляются при 1250-1300 ºС, что позволяет использовать их в качестве высоко реакционноспособного алюмосиликатного компонента сырьевой смеси.

Сиенит представляет собой глубинные среднезернистые бескварцевые породы светло-серого и розового цвета, состоящие из ортоклаза, плагиоклазов, пироксеновой группы, содержащей значительное количество твердых растворов оксидов железа. В небольших количествах присутствуют гидрослюды и биотит.

Тефритобазальт – основная эффузивная горная порода нормального ряда, самая распространенная из кайнотипных пород, переходная от тефритов к базальтам. Тефритобазальты и базальты можно использовать в качестве алюмосиликатного компонента сырьевой смеси вместо железосодержащей корректирующей добавки. Эти породы способствуют снижению температуры процессов клинкерообразования [35].

Температура начала плавления тефритобазальтов, определенная дилатометрическим методом составила 1280°С, температура, ликвидуса 1350°С. Балансовые запасы тефритобазальтов Даубабинского месторождения составляют около 20 млн тонн по категориям $A+B+C_1$. Месторождение может разрабатываться открытым способом с применением широкой механизации и буро-взрывных работ. Месторождение расположено в 10-50 км от цементных заводов Южного Казахстана – ТОО «Стандарт Цемент», АО «Шымкентцемент» и ТОО «Sas-Tobe Technologies».

Реакционная способность и обжигаемость сырьевых смесей, содержащих магматические породы, значительно выше, чем у шихт, состоящих из традиционных материалов. Жидкая фаза в процессе обжига появляется при температуре на 150 ºС ниже, чем при использовании традиционных известняково-глинистых сырьевых смесей. Завершение процессов минералообразования происходит при более низких температурах 1350-1400 ºС. С использованием базальтов в промышленных масштабах на Днепродзержинском цементном заводе и Новоздолбуновском ЦШК реализована «щебневая» технология получения клинкера. Смесь карбонатосодержащего сырья и базальтов в виде щебня с размером частиц до 30 мм подаётся на обжиг во вращающиеся печи без предварительного тонкого измельчения [40].

ПРОЕКТ DRAFT

Достаточно усредненным материалом являются отходы углеобогащения каменного угля Карагандинского угольного бассейна. Химический состав отходов углеобогащения различных бассейнов колеблется в достаточно широких пределах. Отходы содержат от 2,9 до 28,8 % остаточного угля и могут заменить глинистый компонент шихты для получения клинкера. Применение углеотходов в АО «Уралцемент» показало, что каждый процент выгорающей добавки в отходах снижает удельный расход топлива на 15 кг/т клинкера [41].

Примеры использования отходов в качестве сырьевых матриалов приведены в Приложении В.

Сырьем для производства извести являются известняк и мел (таблица 1.20).

Таблица 1.20 - Требования к карбонатным породам для производства извести

Компоненты	Классы						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
$CaCO_3$, %, не менее	92	86	77	72	52	47	72
$MgCO_3$ %, не более	5	6	20	20	45	45	8
Глинистые примеси (SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3), %, не более	3	8	3	8	3	8	20

Состава и концентрации примесей в сырье определяют наименование извести (таблица 1.21).

Таблица 1.21 - Влияние состава и концентрации примесей на наименование извести

Сырье, класс по таблице 1.20	Содержание, % по массе			Известь
	$CaCO_3$, не менее	$MgCO_3$, не более	Глина, не более	
Чистый известняк, А	92	5	0-3	Воздушная кальциевая жирная, I и II сорт
Обычный известняк, Б	86-92	6	1-8	Воздушная тощая, II и III сорт
Мергелистый известняк, В	72	8	20	Гидравлическая
Доломитизированный известняк, Г	77	20	3	Воздушная магнезиальная
Доломит, Д	52	45	3	Воздушная доломитовая
Доломитизированный мергелистый известняк	47	45	8	Магнезиальная гидравлическая

С увеличением концентрации глины известь приобретает гидравличность, т.е. способность твердеть под водой.

Для обжига на известь считают пригодными породы, содержащие не менее 90 % $CaCO_3$, до 4 % SiO_2, до 2 % в сумме полуторных оксидов (Al_2O_3, Fe_2O_3) и до 0,4 % SO_3 при влажности до 18 %; однако используют известняки и

более низкого качества. Плотные и прочные известняки могут дать рыхлую, рассыпающуюся в порошок известь и поэтому окажутся непригодны для обжига в шахтных печах. В то же время мягкий мел, напротив, может дать прочную известь. Примеси по-разному действуют на плотность извести, вызывая усадку или некоторое расширение, и поэтому способствуют росту кристаллов CaO, обусловливая разрыхление; другие, наоборот, уменьшая объем, упрочняют известь.

Показатели прочности извести после обжига чрезвычайно важны для технолога: при определении годности сырья нового месторождения и выборе типа печи для обжига исходят из физико-механических свойств исходного сырья и получения извести на основе опытных обжигов в печах разной конструкции. Важно знать прочность, истираемость, плотность, пористость, растрескиваемость кусков при обжиге, угол естественного откоса.

1.1.8 Технико-экономические характеристики

Цемент - универсальный строительный материал и поэтому заслуженно считается наиболее значимым товаром в своей отрасли. Изменение в объёмах его производства может указывать на силу строительной отрасли государства, которая играет не последнюю роль в экономике в целом.

В XXI в. центры мирового производства цемента находятся в Азии. Только Китай в 2019 г. произвёл более 2 200 млн тонн или 54 % от мирового объёма. Высокие показатели, а также высокие темпы роста производства демонстрируют Турция, Вьетнам и Индонезия, которые, скорее всего в ближайшие 5 лет обойдут США [42].

В мире всего лишь 12 стран производят объёмы, превышающие 50 млн тонн в год (рисунок 1.5).

1 января 2015 г. был подписан договор о формировании Евразийского экономического союза (ЕАЭС), который сегодня включает пять государств-членов – это Республика Армении, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика и Российская Федерация.

Рынок цемента ЕАЭС имеет потенциал к дальнейшей консолидации. Объем основного производства и потребления цемента приходится на Россию: 81 % - в мощностях, 80 % - в производстве и 80 % - в потреблении. На долю иностранных международных цементных холдингов приходится около 20 % мощностей ЕАЭС [43-44].

ПРОЕКТ DRAFT

№	Страна	млн.т.
1	Китай	2200
2	Индия	320
3	Вьетнам	95
4	США	89
5	Египет	76
6	Индонезия	74
7	Иран	60
8	Россия	57
9-10	Бразилия	55
9-10	Республика Корея	55
11	Япония	54
12	Турция	51
	Остальные страны	900
	Мировая продукция в 2019	**4100**

Рисунок 1.5 – Список стран по производству цемента
(по данным Американской ассоциации производителей цемента)

Если посмотреть структуру мощностей на мировом цементном рынке в 2016 г., то мощности ЕАЭС составляют около 10 % (рисунок 1.6).

Потребление цемента в странах ЕАЭС меняется год от года, в то же время в Республике Казахстан остается постоянным (рисунок 1.7).

Благодаря целенаправленной политике руководства Республики Казахстан в стране были построены современные цементные заводы, способные выпускать как качественные общестроительные, так и ряд специальных цементов: сульфатостойких, дорожных, тампонажных, высокопрочных, быстротвердеющих и других.

Так в 2020 г. было произведено 10,8 млн тонн цементов, 1496421 тонн сборных железобетонных конструкций, 4634 473 тонн товарного бетона, 416 491 тонн строительных растворов. Это позволило в 2020 г. ввести более 15,3 млн квадратных метров жилья. Казахстан также направляет часть произведенного цемента на экспорт: основные страны-импортеры цемента из Казахстана – Узбекистан, Киргизия и Россия [45].

На рисунке 1.8 приведены данные по экспорту цемента из Казахстана в другие страны за период с 2010 по 2019 гг.

Рисунок 1.6 - Структура мощностей на мировом цементном рынке в 2016 г., млн т по данным аналитиков Ernst&Young [43]

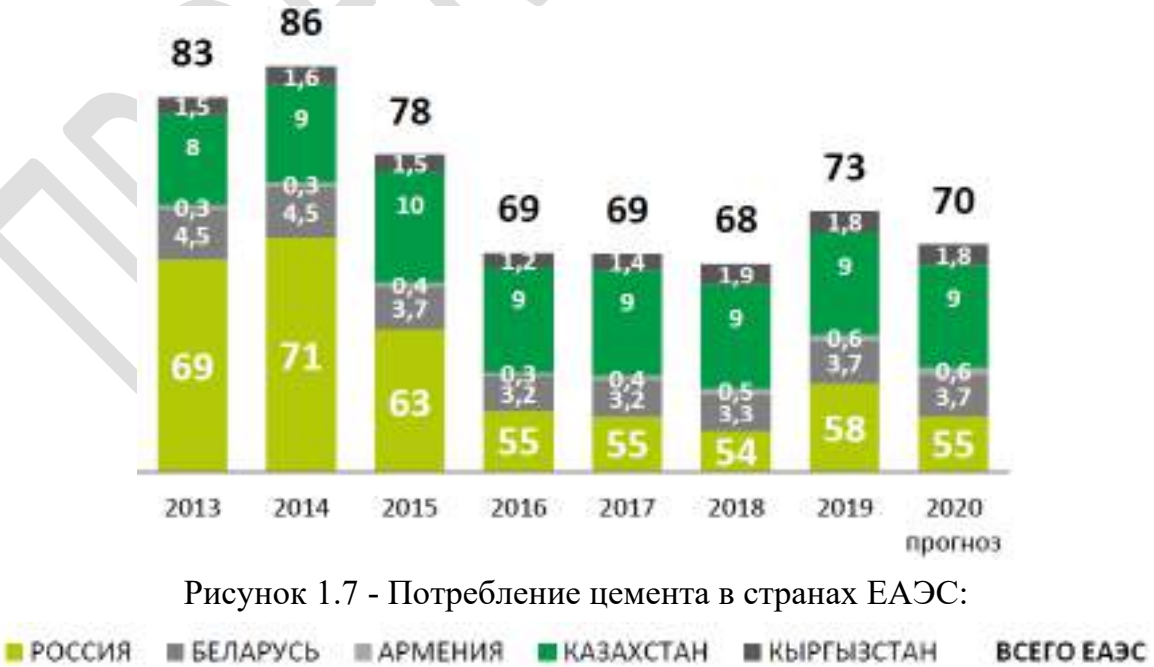


Рисунок 1.7 - Потребление цемента в странах ЕАЭС:

Рисунок 1.8 – Экспорт цемента по странам ЕАЭС (Источник: Статистический сборник «Внешняя торговля», Комитет по статистике МНЭ РК)

Достаточно небольшому государству трудно охватить весь спектр специальных цементов. В Казахстане не налажено производство белых и декоративных, расширяющихся, глиноземистых и некоторых других видов специальных цементов. Объем их потребления небольшой и поэтому эти виды цементов импортируются из других государств. Основными поставщиками цемента в Казахстан являются Россия и Иран [45]. Научно-технический потенциал казахстанских заводов позволяет при необходимости, при возникновении достаточного стабильного спроса наладить производство необходимых для Республики специфических цементов.

Ниже, на рисунке 1.9, приведены данные по импорту цемента в Казахстан из других стран за период с 2010 по 2019 гг.

Рисунок 1.9 – Экспорт цемента по странам ЕАЭС (Источник: Статистический сборник «Внешняя торговля», Комитет по статистике МНЭ РК)

Цементная отрасль демонстрирует хороший рост производства, так с 2015 по 2019 гг. объем производства строительных материалов вырос с 443 млрд. тенге до 587 млрд. тенге [46] или на 33%, где 62% продукции приходится на цемент, известь и строительный гипс. Важно при этом также понимать, что цементная отрасль в Казахстане подвержена сезонности, так ввиду климатических условий спрос на строительные материалы приходится на весну, лето и осень.

На рисунке 1.10 показаны объемы производства портландцемента (кроме белого) и портландцементного клинкера в Казахстане с 2010 по 2019 гг.

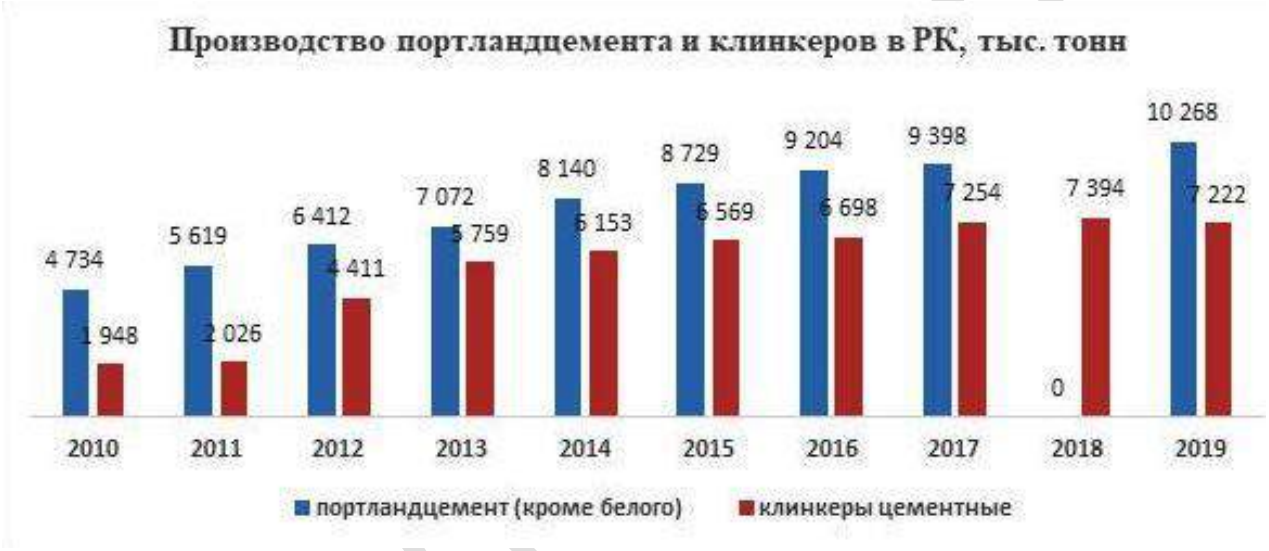


Рисунок 1.10 – Производство цементного клинкера и цемента в РК (Источник: Статистический сборник «Промышленность Казахстана и его регионов», Комитет по статистике МНЭ РК)

Государство за счет реализации различных госпрограмм (ГПФИИР-1 и 2) и запуска строительства масштабных проектов увеличило спрос на цемент.

При выпуске в 2020 г. 10,8 млн тонн цемента при средней стоимости 26000 тенге за тонну цемента, валовая стоимость продукции составит примерно 280,8 млрд. тенге или около 0,4 % ВВП страны в 2020 г.

1.1.9 Использование энергоресурсов

Производство цемента является энергоемкой промышленностью. Доля расходов на топливно-энергетические ресурсы в цементной отрасли составляет около 40% от стоимости произведенного продукта [2].

За период с 2019 по 2020 гг. мировая цементная промышленность произвела примерно от 6% до 7% глобальных выбросов CO_2 и от 5 до 7% выбросов парниковых газов антропогенного происхождения. [47-50].

CO_2 является парниковым газом, и появляется он при декарбонизации карбонатсодержащего сырья (технологические CO_2) и при сгорании топлива (энергетические CO_2) [51].

1.1.9.1 Тепловая энергия

В качестве технологического топлива все цементные заводы Казахстана используют уголь карагандинского, экибастузского месторождения или месторождения Кара Жыра.

Удельный расход тепла на обжиг клинкера зависит от многих факторов. Основными из них являются способ производства (мокрый, сухой, с циклонными теплообменниками – от 3 до 6 ступеней циклонов; с декарбонизатором или без него), конструкция и эксплуатация печей и другого оборудования (например, холодильник, сырьевые мельницы, работающие в прямом или комбинированном режиме и т. д.), оптимизация управления процессом, равномерные и стабильные условия эксплуатации, свойства сырья, тип производимой продукции и т. д.

Удельный расход тепловой энергии на цементных предприятиях Казахстана при производстве клинкера варьируется от 3 200 МДж/т при сухом способе и до 6 900 МДж/т при мокром способе. Основные данные по 10 предприятиям Казахстана, полученные в результате проведения КТА, представлены в таблице 1.22 и рисунке 1.11.

Таблица 1.22 - Данные по удельному показателю теплопотребления при производстве клинкера

Источник информации/ Предприятие	Способ производства	Удельные показатели, МДж/т клинкера
1	мокрый	6 500
2	мокрый	6 900
3	мокрый	6 900
4	сухой	3 300
7	сухой	3 250
8	сухой	3 500
9	сухой	3 200
10	сухой	3 550
BREF CLM [2]	сухой	2 900-3 300
ИТС 6-2015 РФ [9]	сухой	3550–4120
ИТС 6-2015 РФ [9]	мокрый	5750–6900

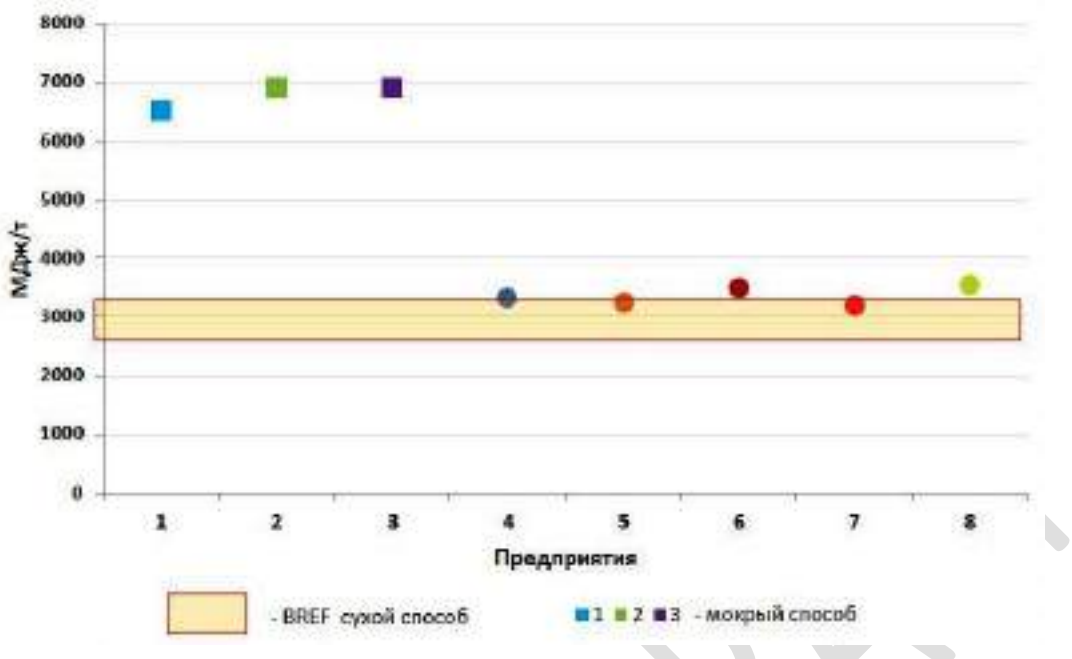


Рисунок 1.11 – График удельных показателей потребления тепла при обжиге клинкера

На предприятиях 8 и 10 установлены печи с одноветьевыми пятиступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизаторами с вращающейся печью Ø4х60 м производительностью 2500 т/сут.

На предприятиях 4, 7, 9 установлены печи с одноветьевыми пятиступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизаторами с вращающейся печью Ø4,2х60 м производительностью 3000 т/сут.

На предприятии 10 между ступенями циклонных теплообменников установлен декарбонизатор типа TTF, размером Ø 5,6х44,53 м. Количество горелок – 4 штуки. В декарбонизаторе сжигается 55-64 % всего топлива.

Представленные данные показывают, что в основном предприятия Казахстана имеют удельный расход тепла на обжиг клинкера, соответствующий значениям, указанным в BREF CLM и ИТС 6-2015 РФ. В справочнике BREF CLM показатели для мокрого способа производства не нормируются.

Одним из способов снижения общей стоимости топлива является использование альтернативных видов топлива. Применение такого вида топлива способно в существенном объеме заместить применяемые традиционные ресурсы. Комбинированное сжигание отходов широко применяется в мировой практике. В Европейской цементной промышленности имеются предприятия, имеющие долю замещения ископаемого топлива до 80% [2].

Дополнительным преимуществом такого замещения является снижение выбросов CO_2, возникающих при сгорании топлива.

В настоящее время предприятиями цементной отрасли Казахстана отходы в качестве альтернативного топлива не используются. Этому препятствует отсутствие принятой нормативной базы, регламентирующей совместное сжигание отходов и традиционного топлива. Технологически все процессы

комбинированного сжигания топлива достаточно проработаны как в мировой индустрии, так и в Казахстане [3]. После принятия соответствующих регламентов предприятия будут готовы использовать альтернативные виды топлива.

1.1.9.2 Электроэнергия

На цементных предприятиях доля затрат на покупку электрической энергии достигает 40 % и более от общей стоимости энергоресурсов [52]. Главными потребителями электрической энергии являются мельницы (помол цемента и сырья), вытяжные вентиляторы и дымососы (печи, сырьевые и цементные мельницы). Данное оборудование совместно потребляет более 80 % электрической энергии.

Основное влияние на уровень энергопотребления оказывают способ производства, тип мельниц, природа измельчаемого материала, виды производимых цементов, наличие эффективного способа регулирования производительности оборудования.

Например, при организации в процессе помола сырья, угля и цемента в трубных шаровых мельницах удельный расход электроэнергии достигает до 60-70 кВт·ч/т, удельный расход электроэнергии на осуществление тех же процессов в современных валковых мельницах заводов сухого способа значительно ниже – в 1,5–1,8 раза.

В таблице 1.23 и рисунке 1.12 приведены данные по удельному потреблению электроэнергии 9 предприятиями Казахстана по данным [52]. Предприятие 6 клинкер не производит.

Таблица 1.23 – Удельное потребление электроэнергии предприятиями Казахстана

Предприятие	Способ производства	Удельные показатели потребления электроэнергии, кВт.ч/т цемента
1	мокрый	134,8
2	мокрый	129,3
3	мокрый	215
5	сухой	111,55
6	сухой	67,06*
7	сухой	118,39
8	сухой	111,78
9	сухой	90
10	сухой	109,92

*Предприятие 6 клинкер не производит

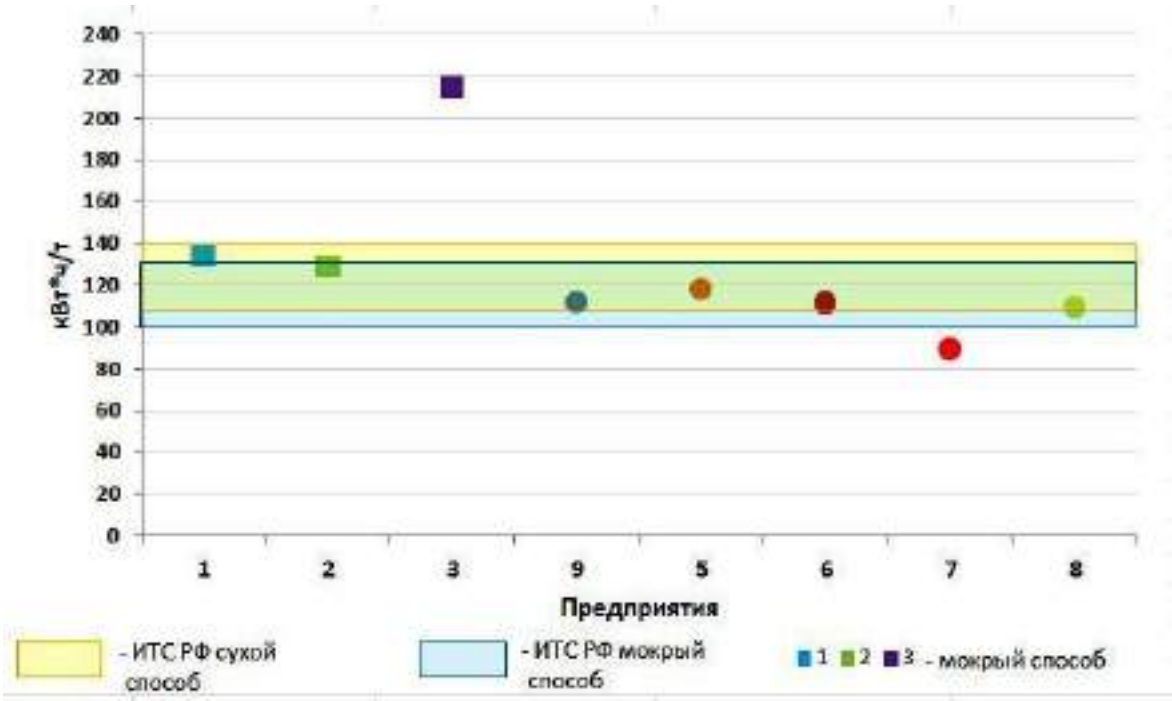


Рисунок 1.12 – График удельных показателей потребления тепла при производстве цемента

Представленные данные показывают, что удельное потребление электроэнергии составляет от 129 до 215 кВт·ч/т цемента при мокром способе и от 90 до 118 кВт·ч/т цемента при сухом способе производства.

Таким образом, удельное потребление электроэнергии представленными предприятиями входит в диапазоны, указанные в ИТС РФ:

- для заводов мокрого способа производства 100-135 кВт·ч/т цемента;
- для заводов сухого способа производства 110-140 кВт·ч/т цемента.

Минимальное удельное потребление электроэнергии имеет компания 9. Завод введен в эксплуатацию в 2018 г. и использует современные технологии и оборудование.

В BREF CLM данный показатель не нормируется. В соответствие с BREF CLM величина потребления электроэнергии предприятиями Евросоюза при сухом способе производства колеблется от 90 до 150 кВт·ч/т цемента.

1.2 Основные экологические проблемы

Загрязнение промышленными выбросами негативно влияет на состояние окружающей среды и на здоровье людей. Одними из источников загрязнения атмосферы являются цементная и известковая промышленности.

1.2.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Основные выбросы от производства цемента и извести – это выбросы в воздух, возникающие во время работы печи. Выбросы образуется в результате

физических и химических реакций сырья и топлива.

Исторически, выбросы пыли (особенно от печей, но также от хранения и подготовки сырья (дробление, измельчение и погрузочно-разгрузочные работы) и помола цемента и извести, погрузочно-разгрузочных работ и хранения, а также от источников рассеянной пыли), как загрязняющий окружающую среду фактор цементного и известкового производств, вызывают наибольшее беспокойство.

Основными составляющими отходящих газов являются азот и избыточный кислород, образующиеся из воздуха для горения, и углекислый газ, и вода, образующиеся из сырьевого материала и в результате процесса горения, который является неотъемлемой частью процесса производства цемента. Отходящие газы также содержат в себе небольшой объем загрязняющих воздух веществ.

Применительно к цементному производству в список включены следующие загрязняющие вещества:

- пыль;
- оксиды азота (NO_x);
- диоксид серы (SO_2) и другие соединения серы;
- летучие органические соединения (ЛОС);
- полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ);
- металлы и их соединения;
- фтороводород (HF);
- хлороводород (HCl);
- оксид углерода (CO);
- аммиак (NH_3).

При производстве извести характерны те же загрязняющие вещества. Наиболее существенными среди них являются:

- оксиды углерода (CO и CO_2)
- оксиды азота (NOx)
- диоксид серы (SO_2)
- пыль.

В выбросах также могут присутствовать другие загрязнители, такие как соединения хлора, если печь также используется для сжигания отходов.

Газообразные выделения от системы печей, выбрасываемые в атмосферу, являются проблемой номер один в борьбе с загрязнением окружающей среды при производстве цемента.

Пыль

Пыль обычно представляет собой щелочь с небольшим содержанием металлов, что является причиной негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Поскольку химический и минералогический состав

ПРОЕКТ DRAFT

пыли подобен природному камню, ее воздействие на здоровье человека считается вредным, но не токсичным.

Образование пыли (включая твердые частицы) всегда было наиболее острой экологической проблемой в цементном и известковом производствах. Однако сейчас выбросы пыли сократились и контролируются высокоэффективными фильтрами.

Пыль - это мелкие (менее 0,1 мм) частицы минерального или органического происхождения, взвешенные в воздухе или газе.

Технологии производства цемента и извести включают в качестве обязательного процесса тонкое измельчение материалов. Выбросы пыли возникают везде, где потоки газов или воздуха контактируют с тонкоизмельченным неорганическим материалом: в процессе дробления, транспортирования, складирования сырьевых материалов, при помоле и обжиге сырьевой смеси, охлаждении и складировании портландцементного клинкера, помоле, транспортировании и отгрузке цемента и извести, хранении и подготовке твердого топлива или топливных отходов. Основное количество пылегазовой смеси формируется при обжиге цементного клинкера и при тонком его измельчении.

Химический состав пыли может изменяться в широких пределах. Для цементных заводов обычно рассматривают выбросы пыли с содержанием до 20 масс.% SiO_2 (преимущественно пыль сырьевых компонентов) и с содержанием от 20 до 70 масс. % SiO_2 (клинкерная и цементная пыль). Для известковых заводов – пыль с содержанием до 20 масс.% SiO_2 (преимущественно известняковая пыль).

Основным источником организованных выбросов пыли на цементных заводах являются вращающиеся печи, клинкерные холодильники, мельницы сухого помола (цементные, угольные), цементные силосы, установки для тарирования и отгрузки цемента. Неорганизованные выбросы пыли возникают при дроблении, транспортировке, складировании сухих материалов, их подаче в бункеры мельниц, движении автотранспорта по дорогам.

Основным источником выбросов пыли при производстве извести является обжиг известняка. Пыль образуется за счет наиболее мелких частиц подаваемого в печь известняка, при термическом и механическом разрушении, при его растрескивании в печи и в меньшей мере за счет золы топлива. Практически все связанные и вспомогательные процессы производства извести как, например, дробление, грохочение, транспортировка гашеной извести, её складирование и выгрузка, также являются источниками пылевыбросов. Уровень пылевыбросов контролируется специальной защитой.

Оксиды азота

Процесс обжига клинкера является высокотемпературным процессом, в результате которого образуются оксиды азота. Эти оксиды представляют собой одни из ключевых загрязняющих веществ, выбрасываемых в воздух цементными

заводами. Они образуются в процессе обжига как в результате связывания азота топлива с кислородом в пламени, так и связыванием атмосферного азота и кислорода воздуха, подаваемого для горения, и обычно состоят из смеси NO (95%) и NO_2 (5% или менее).

При обжиге портландцементного клинкера существуют три пути образования оксидов азота - тепловые, быстрые и топливные оксиды азота.

Выделение NO_x сильно зависит от типа используемого процесса. Выбросы NO_x особенно велики для длинных вращающихся печей мокрого способа производства, при обжиге трудно обжигаемых сырьевых смесей с использованием газообразного топлива. С увеличением влажности топлива выбросы NO_x снижаются.

В печах сухого способа, оснащенных циклонными теплообменниками и декарбонизаторами, часть топлива (до 60%) сжигается в декарбонизаторе при температурах до 900-1000°C в зависимости от конструкции подогревателя подвески, что приводит к снижению суммарных выбросов NO_x за счет снижения образования тепловых NO_x. тем не менее, уровень NOx в дымовой трубе может оставаться довольно высоким в зависимости от различных факторов, связанных с процессом и оптимизацией сжигания (см. более подробную информацию в разделе 4.1.5 главы 4). Подобным образом действуют и другие способы частичного сжигания топлива в холодном конце печи: в газоходе перед первой ступенью циклонного теплообменника или в камере колосникового теплообменника.

В дымовых газах известеобжигательных печей, также могут образовываться тепловые и топливные оксиды азота.

Диоксид серы

Выбросы SO_2 в первую очередь обусловлены наличием летучей серы в сырьевом материале. Эта сера в виде SO_2 выбрасывается со стороны низкотемпературной части печи. При высоких температурах сера, присутствующая в сырье в виде сульфатов, распадается только частично и практически полностью забирается из печи с клинкером. Сера, попадающая в печь вместе с топливом, вступит в реакцию с кислородом до образования SO_2 и не приведет к значительным выбросам SO_2, т.к. SO_2, образованный в горячей части печи, прореагирует с активными мелкими частицами сырьевого материала в зонах спекания, кальцинирования и в горячей части предварительного подогрева.

Сера выбрасывается из печей в виде SO_2 в отходящих газах, $CaSO_4$ и других компонентов клинкера и пыли. Однако бо̀льшая часть серы соединяется (включается) в клинкер или выгружается из системы.

Выбросы SO_2 на цементных заводах зависят от общего количества сульфатных соединений, применяемого способа производства и, в первую

ПРОЕКТ DRAFT

очередь определяются содержанием летучей серы в сырьевых материалах и в топливе. Потенциальные выбросы SO_x зависят от циркуляции серы в печи.

Выбросы SO_2 могут значительно увеличиваться при следующих отклонениях от нормальных режимов работы печи:

- восстановительная среда при обжиге клинкера, снижающая связывание SO_2 в нелетучие неорганические соединения;
- чрезмерное накопление сульфатов при длительном внутреннем кругообороте летучих соединений серы в печи и/или циклонном теплообменнике.

При производстве извести в процессе большинства вариантов обжига негашеная известь захватывает большую часть серы, выделяющейся из известняка и топлива. Эффективный контакт печных газов и негашеной извести обычно сопровождается эффективной абсорбцией диоксида серы.

Более подробная информация представлена в разделе 4.1.4 главы 4.

Выбросы CO

В дымовых газах обжигательных печей CO может появиться двумя путями: (подробнее см. разделы 4.1.8 и 4.1.9 главы 4)

- либо в связи с неполным сгоранием технологического топлива при недостаточном количестве кислорода в воздухе или недостаточном количестве воздуха, подаваемого во вращающуюся печь или в декарбонизатор вращающейся печи;
- либо в связи с присутствием различных органических соединений, содержащих углерод, в сырьевых материалах.

Присутствие CO в дымовых газах цементных печей приводит к снижениям выбросов NO_x из-за их восстановления до элементарного азота. Однако выбросы SO_2 могут при этом увеличиться, так как в восстановительной среде SO_2 хуже связывается со щелочными соединениями и образует менее стабильные сульфиты. Более подробная информация о взаимодействии между NO_x, SO_2 и CO представлена в разделе 4.1.6 главы 4.

При концентрации CO более 0,5% в дымовых газах, содержащих кислород, образуется взрывоопасная смесь, способная к взрыву и разрушению оборудования для улавливания пыли (электрофильтра).

На современных цементных заводах специальные устройства отключают электрофильтр при превышении порогового значения концентрации CO в отходящих дымовых газах.

Выбросы CO, как правило, увеличиваются при пуске или остановке печей, при нестабильном питании печи топливом или при использовании топлива с резко изменяющимися характеристиками или при наличии в сырье углерода или его соединений. При стабильной работе и правильной настройке печного агрегата выбросы CO из печей для обжига клинкера и извести обычно невелики.

При нормировании выбросов CO необходимо учитывать, что их предельное значение должно устанавливаться с учетом сырьевой базы предприятия, применяемой технологии и оборудования.

Выбросы металлов и их соединений

Металлы, попадающие в печь с сырьевым материалом или топливом, впоследствии будут присутствовать или в отходах горения, или в клинкере. Поведение и уровень выбросов отдельных металлов в процессе обжига клинкера зависит от их летучести, схемы ввода в печь, концентрации металла в сырьевых материалах и топливе, особенно при использовании опасных топливных отходов, типа процесса и, в основном, от эффективности осаждения пыли в пылеосадительной системе. При высоких температурах многие тяжелые металлы испаряются и затем конденсируются на клинкере, сырье и частицах пыли но выбросы тяжелых металлов могут происходить в зависимости от нагрузки тяжелых металлов, условий эксплуатации и конструкции оборудования.

Металлы и их соединения поступают в печь для обжига клинкера или извести с сырьевыми материалами и с технологическим топливом.

Все подробности, касающиеся металлов в цементном процессе, см. в разделе 4.1.7 Главы 4.

Выбросы газообразных HCl и HF

Хлориды и фториды могут попасть в систему из сырья и/или топлива. Основная часть улавливается мелкими твердыми частицами сырьевого материала и выходит из печи вмести с клинкером. Небольшое количество выбрасывается из печи, абсорбируясь на частицах пыли.

Так как соединения хлора и фтора удаляются из печи вместе с пылью, то выбросы этих соединений в значительной мере зависят от эффективности функционирования системы пылеулавливания и если пыль из фильтра печи возвращается в систему печи или нет, и / или если печь имеет байпасную систему для удаления высоких концентраций соединений хлора, которые могут содержаться в сырье и топливе.

При большом поступлении из сырья, топлива и отходов (альтернативное сырье и альтернативные виды топлива) могут происходить выбросы HCl и HF.

Выбросы полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов

В результате протекания различных сложных процессов, зависящих от конструкции печи, условий горения, условий подачи сырьевых материалов в печь и типа эксплуатируемого обеспыливающего оборудования, могут образовываться ПХДД и ПХДФ. Кроме того, присутствие Cl совместно с

ПРОЕКТ DRAFT

органическими соединениями потенциально может вызвать образование ПХДД и ПХДФ в любом высокотемпературном процессе. Также медь из сырья, топлива и отходов действует как катализатор, способствуя образованию диоксинов и фуранов. Данные соединения могут образовываться в циклонном теплообменнике или после теплообменника, а также в установках обеспыливания, если в сырьевых материалах присутствуют в достаточном количестве Cl и углеводороды.

Однако образование дибензодиоксинов и дибензофуранов и их последующие выбросы происходят, если одновременно соблюдается пять условий:

- наличие углеводородов;
- наличие HCl;
- наличие катализатора (считается, что Cu^{2+} и Fe^{2+} оказывают каталитический эффект);
- наличие соответствующего температурного интервала (между 200 и 450°C с максимумом при 300-325°C);
- длительное время пребывания материала в соответствующем интервале температур.

Кроме того, в газовом потоке должен присутствовать молекулярный кислород. С повышением концентрации кислорода скорость реакции образования ПХДД и ПХДФ увеличивается с порядком реакции примерно 0,5.

Поскольку хлорированные дибензодиоксины и дибензофураны могут образоваться вновь при охлаждении в интервале температур от 450 до 200°C, то очень важно отходящие из печной системы газы быстро охладить ниже этих температур.

Образование ПХДД и ПХДФ может происходить во всех типах технологических печей, но мокрые и длинные сухие печи более подвержены образованию и высвобождению выбросов диоксинов и фуранов.

Серьезность проблем с выбросами загрязняющих веществ зависит от эффективности мер контроля, метеорологических условий и местоположения промплощадки и соседних чувствительных территорий. Снижение и контроль за пылеобразованием на современном цементном заводе нуждается в инвестировании и компетентных методах управления.

1.2.2 Данные о выбросах в атмосферу от цементных печей в Казахстане

Процесс производства цемента сопровождается эмиссией в окружающую среду различных веществ и физических явлений, оказывающих негативное влияние на экологию: пыли, вредных и токсичных газов, соединений металлов, органических веществ, а также шума, запаха и т. п.

Наибольший объем загрязняющих веществ выбрасывается на стадии обжига. Использование полного перечня особенностей производства, выбросов

вредных веществ или физических явлений для сравнения технологий с целью выбора наилучших из них, обеспечивающих максимальную защиту окружающей среды задача не из легких, но за последние 30 лет цементная промышленность во всем мире успешно внедрила различные методы борьбы с выбросами большинства основных и менее значительных загрязняющих веществ, выбрасываемых печами. Измерения при осуществлении производственного экологического контроля производятся в отношении маркерных загрязняющих веществ, определяемых для контроля загрязнения окружающей среды в зависимости от применяемых технологических процессов.

Полученная в результате КТА информация об удельных показателях маркерных веществ является лишь частичной и не отображает полную картину по выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух от печей цементного производства Казахстана, так как из 17 цементных заводов комплексный технологический аудит проводился только на 10 предприятиях (3 завода мокрого способа производства, 6 заводов сухого способа и 1 по производству клинкера).

Данные по выбросам 10 рассматриваемых предприятий указаны на основании действующей системы нормирования и не сопоставимы с технологическими показателями НДТ в справочных материалах РФ и ЕС.

Данные показатели отображают текущие выбросы по отдельным предприятиям, но не могут быть использованы для установления технологических нормативов в целом для цементной промышленности.

Отсутствие обязательных требований по инструментальному измерению выбросов непосредственно на источниках, отсутствие стандартизированных методов измерения и определения эмиссий, например, NO_x, делают невозможным сравнение представленных предприятиями величин выбросов с технологическими показателями справочных материалов РФ и ЕС.

В странах Евросоюза технологические показатели по маркерным веществам устанавливают на основании непрерывных инструментальных измерений по всем организованным источникам выбросов (АСМ). Только на основании данных измерений возможно получение реальной информации о величине выбросов по отдельным загрязнителям, а также заключения насколько эффективно то или иное внедренное техническое решение.

На рисунках ниже (рисунки 1.13-1.15) представлены показатели выбросов пыли, NO_x и SO_2 от вращающихся печей по 10 цементным заводам Казахстана (из 17 имеющихся заводов). Эти загрязнители представляют собой основные вещества, периодически измеряемые в цементных печах.

На рисунке 1.13 представлены объемы выбросов пыли из вращающихся печей цементных предприятий мокрого и сухого способов производства.

Информация по выбросам пыли на выбранных цементных заводах носит противоречивый характер, диапазон значений максимума и минимума свидетельствует о возможных нарушениях в эксплуатации очистного оборудования.

ПРОЕКТ DRAFT

Максимальные выбросы пыли из цементных печей наблюдаются на старых цементных заводах, оснащенных электрофильтрами вертикального типа и работающих длительное время без модернизации и необходимого технического обслуживания.

Для снижения выбросов пыли на цементных заводах используются различные устройства: пылеосадительные камеры, циклоны (одиночные или групповые), скрубберы (мокрые циклоны), рукавные фильтры и электрофильтры.

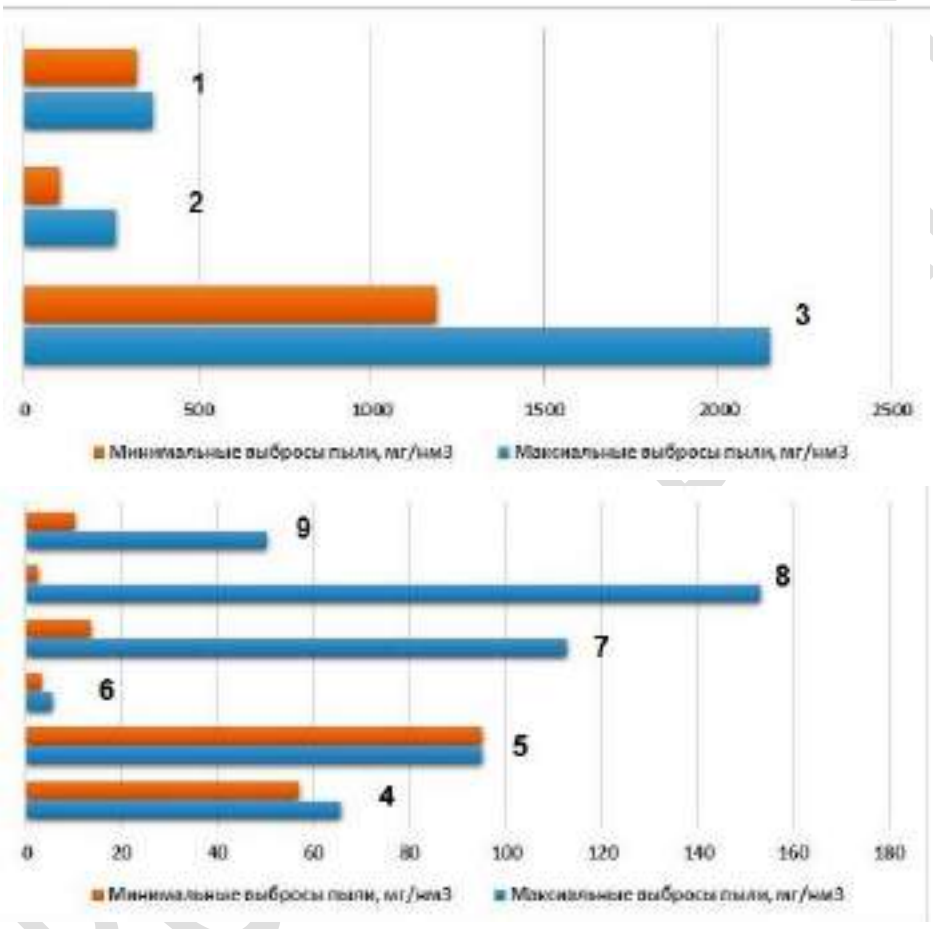


Рисунок 1.13 – Выбросы пыли на цементных заводах РК: предприятия мокрого (а) и сухого (б) способов производства

Пылеосадительные устройства различаются по эффективности своего действия. Минимальной эффективностью (способностью улавливать пыль) обладают пылеосадительные камеры и одиночные циклоны, максимальной - рукавные фильтры и электрофильтры.

Для современных цементных заводов сухого способа производства при правильно подобранной системе обеспыливания и своевременном проведении ее технического обслуживания выбросы пыли из цементных печей обычно не превышают 50 мг/нм^3.

В ЕС большая часть выбросов пыли находится в пределах 0,27 и менее 30 мг/нм^3. Значения концентрации при постоянных измерениях показаны как

среднегодовые величины из 24-х часовых измерений. Измеренные величины относятся к 1 м^3 сухого газа в стандартных условиях.

Правильный подбор оборудования для обеспыливания газов и обеспечение оптимальных режимов его работы позволяют снизить выбросы пыли при производстве цемента до приемлемых уровней.

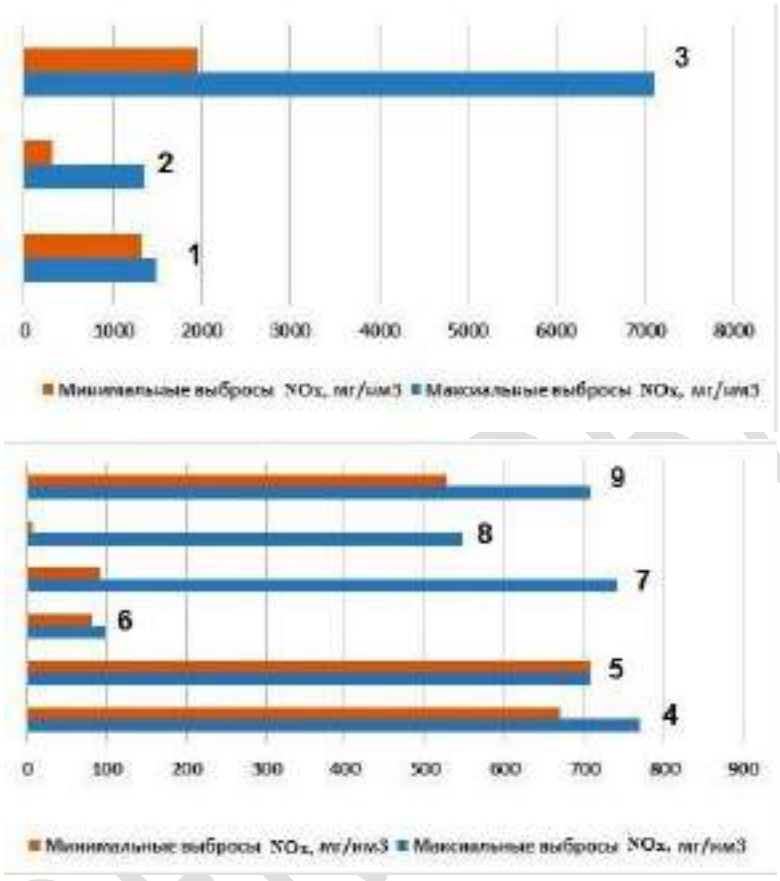


Рисунок 1.14 – Выбросы оксидов азота NOx на цементных заводах РК: предприятия мокрого (а) и сухого (б) способов производства

Оксиды азота представляют собой одно из загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в процессе обжига клинкера во вращающихся печах. Они состоят из смеси монооксида NO и диоксида азота NO_2.

Сравнение с показателями ЕС и РФ (NO_x 500-1000 мг/нм^3) не представляется возможным, так как в РК на сегодняшний день нормируются выбросы Азота (II) оксид и Азота (IV) диоксид (рисунок 1.14).

В ЕС нормирование выбросов оксидов азота осуществляется на основании данных постоянного измерения, нормируется сумма оксидов, выраженная в NO_x. Среднегодовое выделение NO_x из Европейских цементных печей составляет около 785 мг/нм^3 (в пересчете на NO_2) с минимумом в 145 мг/нм^3 и максимумом 2940 мг/Нм^3. Непрерывные измерения концентрации в течение 24 час представлены как среднегодовые показатели. Измеренная величина относится к сухому воздуху в стандартных условиях.

Выбросы SO_2 могут значительно увеличиваться при отклонениях от нормальных режимов работы печи и при наличии в сырьевых материалах органической серы или серы в виде пирита или марказита (лучистого колчедана). При обжиге сырьевых материалов, в которых сера присутствует в виде сульфатов (сульфитов), выбросы SO_2 из печи обычно не превышают 10 мг/нм^3.

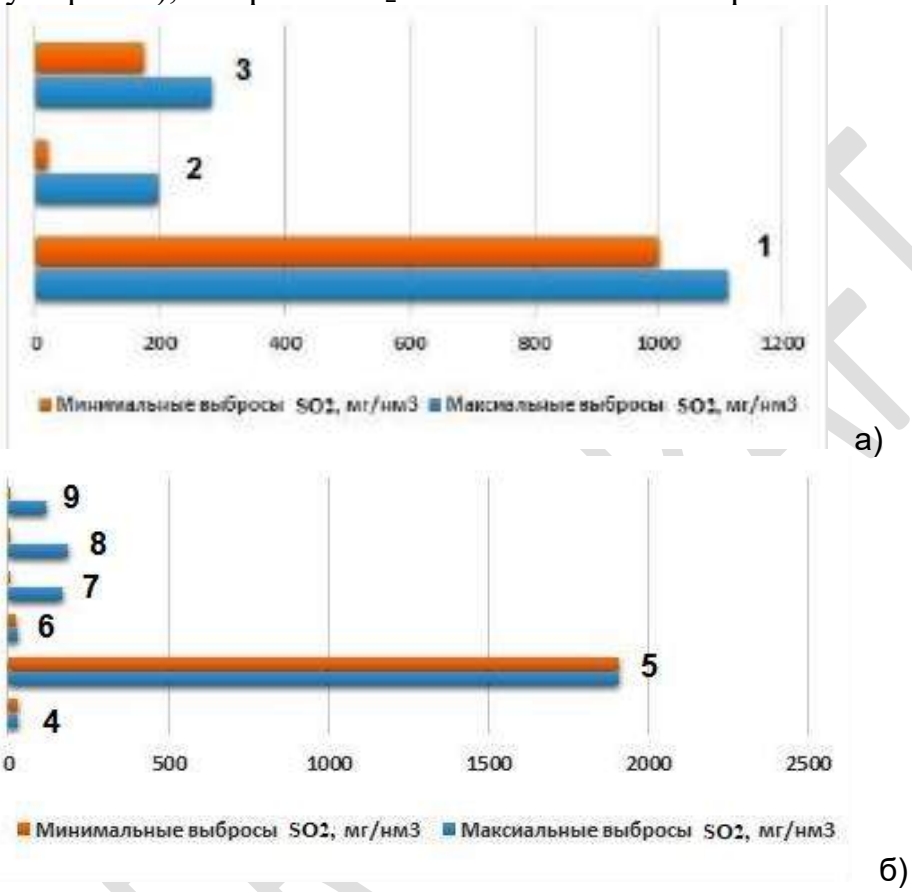


Рисунок 1.15 – Выбросы оксида серы SO_2 на цементных заводах РК: предприятия мокрого (а) и сухого (б) способов производства

В длинных печах мокрого способа производства взаимодействие SO_2 с щелочными материалами слабое, поэтому сера из топлива и особенно топливных отходов может привести к некоторому увеличению выбросов SO_2.

Приведенные данные по выбросам оксида серы SO_2 на цементных заводах РК показывают, что для большинства предприятий выбросы не превышают 400 мг/м^3(см. рисунок 1.15).

1.2.3 Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

При производстве цемента на производственные нужды вода используется: для приготовления сырьевого шлама для печей мокрого процесса и в башне кондиционирования печей сухого процесса, оборудованных фильтрами электрофильтров, орошения клинкера в цехе обжига, подпитку систем отопления (котельные установки) и оборотного водоснабжения (охлаждение компрессоров, подшипников вращающихся печей, мельниц.)

Так, в производстве сухого или полусухого способа вода используется в небольшом количестве только для процесса очистки, за исключением градирни печей, оборудованных электростатическими фильтрами, и если система охлаждающей воды предприятия (для охлаждения оборудования, такого как подшипники мельниц, печей и т. д.) имеет замкнутый контур (т. е. нет разомкнутого контура с охлаждающей водой отбракованные, которые потенциально могут быть загрязнены жиром и маслянистыми веществами). В принципе сбросов в воду не происходит, потому что вода возвращается в производственный процесс.

В полусухом способе вода используется для гранулирования сухой сырьевой смеси.

В полумокром способе шлам обезвоживается в фильтрпрессах.

В мокром способе вода используется для помола сырьевых материалов для получения шлама. Используемые сырьевые материалы часто имеют высокую влажность. Шлам или используется для питания печи, где вода испаряется или вначале направляется на сушку.

Вода, которая иногда используется для охлаждения клинкера, непосредственно испаряется в процессе охлаждения при высокой температуре клинкера.

В принципе, если система охлаждающей воды завода имеет замкнутый контур, сбросов в воду не происходит, потому что вода возвращается в производственный процесс.

При производстве извести добываемые в карьере сырьевые материалы могут содержать небольшие количества глины и песка. В этом случае перед подачей в печь известняк промывают. В качестве воды для промывки известняка используют либо воду поверхностных источников, либо получающуюся при добыче грунтовую воду. Другими источниками воды являются дождевая вода и вода из артезианских скважин. Очищенная вода рециркулируется и вновь используется в процессе помывки. Оборотная вода восполняет 85 % необходимой для промывки воды,15 % приходится на использование свежей воды.

Сточные воды предприятий цементной и известковой промышленности представлены хозяйственно-бытовыми стоками, а также ливневыми и талыми водами. Производственные стоки отсутствуют, если только система охлаждающей воды установки не имеет замкнутого контура.

Качество очистки сбрасываемых в окружающую среду сточных вод имеет сильное влияние как на общее состояние экосистемы, так и на здоровье населения.

Фильтрация неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод из полей фильтрации и фильтрационных колодцев, сбросных трубопроводов и каналов, аварийные прорывы сточных вод являются основным источником загрязнения подземных и поверхностных вод.

ПРОЕКТ DRAFT

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 не осаждаемых твердых веществ.

Очистные сооружения должны работать не только как отстойники-накопители, необходима качественная очистка сточных вод, которая состоит из предварительной механической очистки и полной биологической очистки.

Механическая очистка сточных вод происходит на ряде последовательно расположенных сооружений, конструкция которых рассчитана на задержание различных фракций взвеси. Обычно в состав таких сооружений входят решетки, песколовки и отстойники.

В наиболее простой форме решетки представляют собой ряд параллельных железных прутьев, скрепленных вместе и поставленных поперек канала, по которому сточная вода подходит к очистным сооружениям. Песколовки предназначены для задержания тяжелой минеральной взвеси до поступления сточной воды в отстойник. Отстаивание сточных вод позволяет задержать основную массу взвешенных веществ до сооружений биологической очистки.

Сооружения биологической очистки позволяют определить решающую роль в формировании качества природных вод. Биологическая очистка основана использовании жизнедеятельности микроорганизмов, которые окисляют органические вещества, находящиеся в сточных водах в коллоидном или растворенном состоянии.

Ливневые (дождевые и талые) стоки образуются с твердых покрытий предприятия. Основными загрязняющими компонентами поверхностного стока являются продукты эрозии почвы, смываемые с открытых грунтовых поверхностей, пыль, бытовой мусор, а также нефтепродукты, попадающие на поверхность водосбора в результате случайных проливов ГСМ. Ливневые стоки по спланированной территории собираются в водосборные лотки, оттуда по уклону стекают в дождеприемный колодец, далее в отстойник, где происходит улавливание песка, взвешенных и плавающих веществ, и самотеком в фильтрующие колодцы, расположенных на рельефе местности.

Таким образом, величина воздействия деятельности объектов цементной промышленности на грунтовые и подземные воды зависит от объема водопотребления и водоотведения, эффективности работы очистных сооружений, качественной характеристики сброса сточных воды на поля фильтрации и рельеф местности.

Антропогенная нагрузка связана с увеличивающимся числом аварийных сбросов неочищенных сточных вод, неудовлетворительным состоянием канализационных коллекторов, нарушением режима обеззараживания стоков, сбрасываемых предприятиями.

Более подробная информация о водопотреблении и методах сокращения сбросов в почву и водные объекты / водотоки приведена в разделе 4.3 Главы 4.

ПРОЕКТ DRAFT

В разделе 4.3 приведены исключительно для информации химические и физические ограничения, часто требуемые в правилах и разрешениях в отношении воды, сбрасываемой цементными и известковыми заводами.

1.2.4 Образование и управление отходами производства

Основных производственных отходов при производстве цемента и извести не образуется. Согласно ПП РК «Об утверждении правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам» основные производственные отходы – наиболее значимые для конкретного вида производства или технологического процесса отходы, с помощью которых возможно оценить значение основного негативного воздействия на окружающую среду.

Однако, при получении цемента и извести в результате производственных и технологических процессов могут образовываться различные отходы:

- отходы сырьевой смеси (крупные куски сырьевых материалов);
- отходы очистки бункеров сырьевых мельниц;
- печная пыль из байпасовой системы и системы пылеосаждения;
- пыль после прохождения газов через пылеочистные установки при производстве портландцементного клинкера, цемента, негашеной и гашеной извести;
- фильтрат после фильтрпресса, используемого в полумокром способе, содержащий довольно много щелочей и суспендированное твердое вещество;
- ткань (хлопчатобумажная и/ или из натуральных и смешанных волокон, фильтр-прессов), отработанная при обезвоживании сырьевой смеси в производстве цемента
- использованные сорбционные вещества (гранулированный известняк, пыль известняка), используемые в системах очистки газов;
- просыпи сырьевых материалов при производстве портландцементного клинкера, цемента и извести;
- отработанные фильтровальные рукава;
- отходы упаковки (пластик, дерево, металл, бумага и т.д.);
- отработанное масло, смазка и др.
- использованные батареи, лампочки и люминесцентные лампы, электрическое и электронное оборудование, растворители, химические продукты и т. д.

Образующиеся отходы передаются на утилизацию/переработку сторонним организациям на договорной основе, частично используются для собственных нужд, часть возвращается в производство.

Печная пыль может быть непосредственно возвращена в процесс производства или использована для других целей. Возврат пыли может

ПРОЕКТ DRAFT

проводиться напрямую в печь либо совместно с подачей в печь сырьевой смеси (в этом случае ограничивающим фактором является концентрация щелочных металлов), либо после смешивания с цементом. Просыпи материалов и сметки собирают и отправляют в технологический процесс.

Собранную при очистке дымовых газов во влажном скруббере суспензию осаждают, жидкость в основном регенерируют, а влажную твердую фазу направляют в отвалы. Ввиду особых условий очистки газовых потоков, возможности утилизации отходов не велики. Образующийся при очистке дымовых газов гипс нельзя вновь использовать при производстве извести, но можно использовать в качестве регулятора твердения в производстве цемента.

Материалы, которые нельзя возвращать в производственный процесс, отправляются с завода для использования в других отраслях промышленности или для переработки отходов вне завода на других установках.

1.2.5 Шум и вибрация

К факторам физического воздействия на окружающую среду можно отнести шум, вибрацию.

Основным источником физических воздействий от деятельности предприятий является технологическое оборудование.

Шум генерируется во всем цементном и известковом производствах, начиная от приготовления сырьевых материалов, сырьевой смеси, в процессе обжига, получения цемента и заканчивая складированием цемента и его отправкой. Тяжелые машины и большие вентиляторы, используемые в различных переделах цементного производства, имеют высокий уровень шума и создают вибрацию, особенно от следующих машин и операций:

- любые операции, включающие фракционирование, дробление, измельчение, грохочение сырьевых материалов, топлива, клинкера и цемента;
- дымососы;
- вентиляторы;
- вибраторы и пр.
- воздушные компрессоры и т. д.

Длительное воздействие шума и вибраций на человека может повредить его слуховой аппарат, угнетает центральную нервную систему, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям. Поэтому цементные заводы должны принимать меры и осуществлять мероприятия по снижению уровня воздействия шума на рабочих местах (производственный шум) до минимума, а также шум на границах завода и карьера (шум окружающей среды), который может повлиять на соседние виды деятельности (жилые районы, общественные здания, другие промышленные и коммерческие поселения, так далее.) шума до минимальной величины.

ПРОЕКТ DRAFT

Часто уровень шума и вибраций зависят от конструкции фундамента, на котором установлено оборудование. Использование специальных фундаментов и устройств, гасящих вибрацию, позволяют заметно снизить уровень шума в производственных цехах.

Если вышеупомянутые технические решения не могут быть применены и если установки, выделяющие шум, невозможно перевести в отдельные здания (например, из-за размера печей и их средств обслуживания), то применяются вторичные технические решения. Например, должно быть осуществлено строительство зданий или природных барьеров, таких как растущие деревья или кустарники между защищаемой зоной и источником активного шума (например, печь или площадь склада). Двери и окна защищаемого пространства должны быть плотно закрыты в период эксплуатации шумовыделяющих установок.

Если жилая зона находятся близко от завода, планирование расположения и строительство новых зданий на промплощадке должно увязывается с необходимостью снижения шумовых выбросов. Рекомендуется осуществлять замеры уровня шума на границе Завода и свойств карьера.

Согласно представленным данным комплексного технологического аудита (КТА) только 2 цементных завода из 10 декларирует физические факторы воздействия – шум, вибрацию согласно аттестации рабочих мест.

В соответствии с Приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 февраля 2015 года № 169 «Об утверждении Гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека» максимально допустимый уровень звука на рабочих местах в производственных и вспомогательных зданиях составляет 95дБА.

В разделе 4.5 Главы 4 (Техники управления и снижения шумового воздействия) приводится исключительно для информации, если нет национальных / региональных / местных нормативных актов, уровни ограничения шума, контролируемые на границах собственности (шум окружающей среды), иным образом указываются на местном уровне. регулировка: 65 дБ днем и 55 дБ ночью (в ближайшем доме).

Производство цемента и извести связано также с последствиями добычи ресурсов (ископаемых видов топлива, известняка и других полезных ископаемых) на качество окружающей среды, биологическое разнообразие, эстетику ландшафта и истощение невозобновляемых или медленно возобновляемых ресурсов, таких как ископаемые виды топлива или подземные воды.

Соблюдение действующих норм и правил позволяет избежать негативного воздействия, обусловленного факторами физического воздействия.

1.2.6 Запах

Выделение запаха являются редкой проблемой на хорошо работающем заводе, но может произойти на заводе, где сочетание факторов может привести

ПРОЕКТ DRAFT

к эпизодическим появлению запаха. Если сырьевые материалы содержат горючие компоненты (керогены), которые не горят при нагревании в теплообменнике, но подвергаются пиролизу, могут появиться выбросы углеводородов. Эти выбросы могут быть видны поверх трубы как «синий туман», который может быть вызвать неприятный запах вокруг цементного завода при неблагоприятных погодных условиях.

Сжигание топлива, содержащего серу и/или использование сырьевых материалов, содержащих серу, может приводить к выделению запаха (проблема особенно часто встречается в шахтных печах).

Кроме того, отходы, используемые в качестве сырьевых материалов или топлива, могут приводить к появлению запаха, особенно на различных этапах производства, таких как складирование и переработка. В случае использования аммиака для снижения NO_x, может возникнуть также запах в определенный период процесса производства, если должным образом не управлять этим процессом.

Более подробную информацию см. в разделе 4.6 главы 4.

1.2.7 Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды. Общие принципы

Комплексный подход к защите окружающей среды подразумевает под собой систему мер, направленных на выявление источников негативного воздействия производственной деятельности предприятий (выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и образование/размещение отходов) на компоненты окружающей среды, на снижение/предотвращение оказываемого ими техногенного воздействия путем их контроля, а также внедрения и применения наилучших доступных технологий с сопоставлением экологической и экономической эффективности предпринимаемых мер.

Для осуществления комплексного подхода предприятия должны уделять особое внимание вопросам охраны окружающей среды, что выражается в:

- обязательном учете сырья и вспомогательных материалов, энергии, потребляемых или производимых объектом;
- документировании всех источников выбросов, сбросов, образования отходов, имеющихся на объекте, их характера и объема, а также выявление случаев их негативного воздействия на окружающую среду;
- используемых технологических решений и иных методов по очистке от вредных веществ сточных вод и отходящих газов, и внедрению наилучших доступных технологий по сокращения норм использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;
- разработке эффективных мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;
- декларировании экологической политики предприятия;

DRAFT

- подготовке и проведению сертификации производства в системе экологического менеджмента;
- выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;
- получении разрешений на комплексное природопользование от специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;
- осуществлении контроля за выполнением и соблюдением требований законодательства об охране окружающей среды и пр.

Для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо совместить процесс очистки выбросов, сбросов от вредных веществ с процессом утилизации уловленных веществ. «В чистом виде» очистка вредных выбросов малоэффективна, так как с его помощью далеко не всегда удается полностью прекратить поступление вредных веществ в окружающую среду, т.к. сокращение уровня загрязнения одного компонента окружающей среды может привести к усилению загрязнения другого.

К примеру, установка влажных фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды если отходы воды не обрабатываются должным образом. Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает этой проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования этих установок тоже вырабатываются отходы, хотя и в меньшем объеме, но, как правило, с повышенной концентрацией вредных веществ. Наконец, работа большей части очистных сооружений требует значительных энергетических затрат, что, в свою очередь, тоже небезопасно для окружающей среды.

Устранение самих причин загрязнения требует внедрения малоотходных, а в перспективе и безотходных технологий производства, которые позволяли бы комплексно использовать исходное сырье и утилизировать максимум вредных для окружающей среды веществ. К примеру, печная пыль непосредственно возвращается в процесс производства, золошлаковые отходы используются повторно в технологическом процессе в качестве добавки. Именно цементные предприятия являются единственными в своем роде, чьи технологии позволяют использовать вторичные сырьевые ресурсы не только при обжиге, но и на других стадиях производства: при приготовлении цементной смеси, при измельчении шихты.

Использование определенных типов отходов в качестве альтернативных видов топлива позволит снизить использование ископаемого природного топлива, объемы накопления образованных отходов и снижению выбросов. Однако, при подборе материала должны учитываться химический состав отхода и экологические последствия, которые может вызвать процесс переработки каждого вида отходов.

ПРОЕКТ ДРАФТ

Далеко не для всех производств найдены приемлемые технико-экономические решения по сокращению количества образующихся отходов и их утилизации, поэтому в настоящее время приходится работать в этом направлении.

Заботясь о совершенствовании технологических аспектов охраны окружающей природной среды необходимо помнить, что никакие очистные сооружения и безотходные технологии не смогут восстановить устойчивость экосистемы, если будут превышены допустимые (пороговые) значения сокращения естественных, не преобразованных человеком природных систем.

ПРОЕКТ DRAFT

2 МЕТОДОЛОГИЯ ОТНЕСЕНИЯ К НДТ

2.1 Детерминация, принципы подбора

Детерминация техник в качестве наилучших доступных техник основывается на принципах и критериях в соответствии с требованиями Экологического кодекса Республики Казахстан от 2 января 2021 года №400-VI ЗРК.

Методология определения техники в качестве наилучшей доступной основывается на подборе и сравнении альтернативных техник, принятых в качестве техник-кандидатов в наилучшие доступные, обеспечивающих исполнения целей предприятия и государственных уполномоченных органов в области охраны окружающей среды. Определение техник-кандидатов основывается на результатах комплексного технологического аудита и анализе международного опыта, с учетом необходимости обоснованной адаптации к климатическим, экономическим, экологическим условиям и топливной базе Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в области применения.

Принципы подбора наилучших доступных техник основываются на соблюдении последовательности действий технических рабочих групп и заинтересованных сторон по учету и анализу критериев определения техник в качестве наилучших доступных:

1) Определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом маркерных загрязняющих веществ эмиссий;
2) Определение и инвентаризация техник-кандидатов, направленных на решение экологических проблем отрасли;
3) Оценка, анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с критериями, приведенными в п.2.2 настоящего справочника по НДТ и на основании установления условий, при которых были достигнуты уровни экологической эффективности с выявлением перечня техник, удовлетворяющим критериям наилучших доступных техник;
4) Определение уровней наилучшей экологической результативности, обеспечиваемой наилучшей доступной техникой (включая уровни эмиссий, связанные с НДТ).

При определении и инвентаризация техник-кандидатов, направленных на решение экологических проблем отрасли оставляется перечень техник-кандидатов из имеющихся в Республики Казахстан и в мировом сообществе. Далее список ранжируется по возможности применения на существующей и/ или на новой установке в условиях Республики Казахстан и указываются аргументированные доводы о возможности или невозможности их применения.

При оценке, анализе и сравнении техник-кандидатов в наилучшие доступные соблюдается следующая последовательность действий:

1) для установленных техник проводится оценка уровня воздействия на

ПРОЕКТ DRAFT

различные компоненты окружающей среды и уровней потребления различных ресурсов и материалов;

2) оценка, при наличии необходимой информации, затрат на внедрение техник и содержание оборудования, возможные льготы и преимущества после внедрения техник, период внедрения;

3) по результатам оценки из установленных техник основного технологического процесса выбираются техники:

– обеспечивающие предотвращение или снижение воздействия на компоненты окружающей среды;

– внедрение которых не приведет к существенному увеличению объемов выбросов других загрязняющих веществ, сбросов загрязненных сточных вод, образования отходов обезвреживания, потребления ресурсов, иных видов негативного воздействия на окружающую среду и увеличению риска для здоровья населения выше приемлемого или допустимого уровня;

– внедрение которых не приведет к чрезмерным материально-финансовым затратам (с учетом возможных льгот и преимуществ при внедрении);

– имеющие приемлемые сроки внедрения.

Термин «наилучшие доступные техники» определен в Ст.113 Экологического кодекса Республики Казахстан [1].

Под наилучшими доступными техниками понимается наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Под техниками понимаются как используемые технологии, так и способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, применяемые к проектированию, строительству, обслуживанию, эксплуатации, управлению и выводу из эксплуатации объекта.

Техники считаются доступными, если уровень их развития позволяет внедрить такие техники в соответствующем секторе производства на экономически и технически возможных условиях, принимая во внимание затраты и выгоды, вне зависимости от того, применяются ли или производятся ли такие техники в Республике Казахстан, и лишь в той мере, в какой они обоснованно доступны для оператора объекта.

Под наилучшими понимаются те доступные техники, которые наиболее действенны в достижении высокого общего уровня охраны окружающей среды как единого целого.

Применение наилучших доступных техник направлено на комплексное предотвращение загрязнения окружающей среды, минимизацию и контроль негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

ПРОЕКТ DRAFT

Под областями применения наилучших доступных техник понимаются отдельные отрасли экономики, виды деятельности, технологические процессы, технические, организационные или управленческие аспекты ведения деятельности, для которых в соответствии с Экологическим Кодексом Республики Казахстан определяются наилучшие доступные техники.

2.2 Критерии отнесения техник к наилучшей доступной технике

В соответствии с п. 3 ст. 113 Экологического кодекса Республики Казахстан критериями определения наилучших доступных техник являются:

1) использование малоотходной технологии;

2) использование менее опасных веществ;

3) содействие рекуперации и рециркуляции веществ, образующихся и используемых в процессе, а также отходов, где это необходимо;

4) сопоставимые процессы, установки или методы работы, которые были успешно опробованы в промышленных масштабах;

5) технический прогресс и изменения в научных знаниях и понимании;

6) характер, последствия и объем соответствующих выбросов;

7) сроки ввода в эксплуатацию новых или существующих установок;

8) время, необходимое для внедрения наилучшей доступной техники;

9) потребление и характер сырья (включая воду), используемого в технологическом процессе, и энергоэффективность;

10) необходимость предотвращения или снижения до минимума общего воздействия выбросов на окружающую среду и рисков для нее;

11) необходимость предотвращения аварий и минимизации последствий для окружающей среды;

12) информация, публикуемая общественными международными организациями.

13) способствования переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике и низкоуглеродному развитию с учетом научно-технического развития и повышения уровня технической и (или) экономической доступности тех или иных техник.

Обеспечением соблюдения принципов Экологического кодекса Республики Казахстан при определении техники в качестве НДТ является условие сочетания указанных критериев, выражаемое в соблюдении следующих условий для каждой техники, которая является кандидатом наилучшей доступной:

1) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду;
2) экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации;
3) применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
4) период внедрения техники;

ПРОЕКТ DRAFT

5) промышленное внедрение техники на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду.

При установлении условия обеспечения техникой-кандидатом наименьшего уровня негативного воздействия на окружающую среду рассматривается два показателя:

1) опасность используемых и (или) образующихся в технологических процессах веществ для атмосферы, почвы, водных систем, человека, других живых организмов и экосистем в целом;

2) характер негативного воздействия и значения эмиссий вредных веществ в составе выбросов и сбросов.

При определении опасности используемых и (или) образующихся в технологических процессах веществ проводится инвентаризация эмиссий вредных веществ в составе выбросов и сбросов, их объемы (масса), а также объемов и уровней опасности отходов. При оценке опасности используемых и (или) образующихся в ходе технологических процессов вредных веществ устанавливаются маркерные загрязняющие вещества, выделяющиеся в атмосферу, поступающие в водные объекты, в промежуточные продукты и твердые отходы.

Выбор маркерных веществ основывается на установлении следующих характеристик:

– вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса;

– вещество присутствует в эмиссиях постоянно и в значимых концентрациях;

– вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду;

– метод определения вещества является доступным, воспроизводимым и соответствует требованиям обеспечения единства измерений;

– количественным критерием для определения маркерных веществ является их наибольший совокупный вклад в общем объеме выбросов загрязняющих веществ.

Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации техники.

При установлении условия обеспечения экономической эффективности проводится оценка затрат на внедрение и эксплуатацию техники и оценка выгоды от ее внедрения путем применения метода анализа затрат и выгод. Если внедрение различных техник дает положительные результаты, то техникой с самой высокой результативностью считается та, которая дает наилучшее соотношение «цена/качество» и соответственно демонстрирует наилучшие экономические показатели среди рассматриваемых техник. Данный метод анализа требует более широкий охват данных, где данные по выгодам/затратам сложно представить в денежной форме.

Проведение анализа инкрементального денежного потока, возникающего

в результате разницы денежных потоков «до» и «после» внедрения техники позволяет провести экономический анализ, который наиболее знаком для большинства предприятий.

Альтернативой методу анализа затрат и выгод служит анализ эффективности затрат, используемый для определения наиболее предпочтительных для достижения определенной экологической цели при самой низкой стоимости мероприятий. Ранжирование техник-кандидатов НДТ по мере возрастания их экономической эффективности позволяет исключить варианты, которые необоснованно и неоправданно дороги по сравнению с полученной экологической выгодой.

Экономическая эффективность техники определяется согласно формуле:

Экономическая эффективность = Годовые затраты, тенге/Сокращение эмиссий, т/год.

Методология расчета затрат устанавливает алгоритм, позволяющий собрать и проанализировать данные о капитальных затратах и эксплуатационных издержках для сооружения, установки, технологии или процесса с учетом экономической эффективности внедрения и эксплуатации.

Основные этапы оценки приведены на рисунке 2.1.

ПРОЕКТ DRAFT

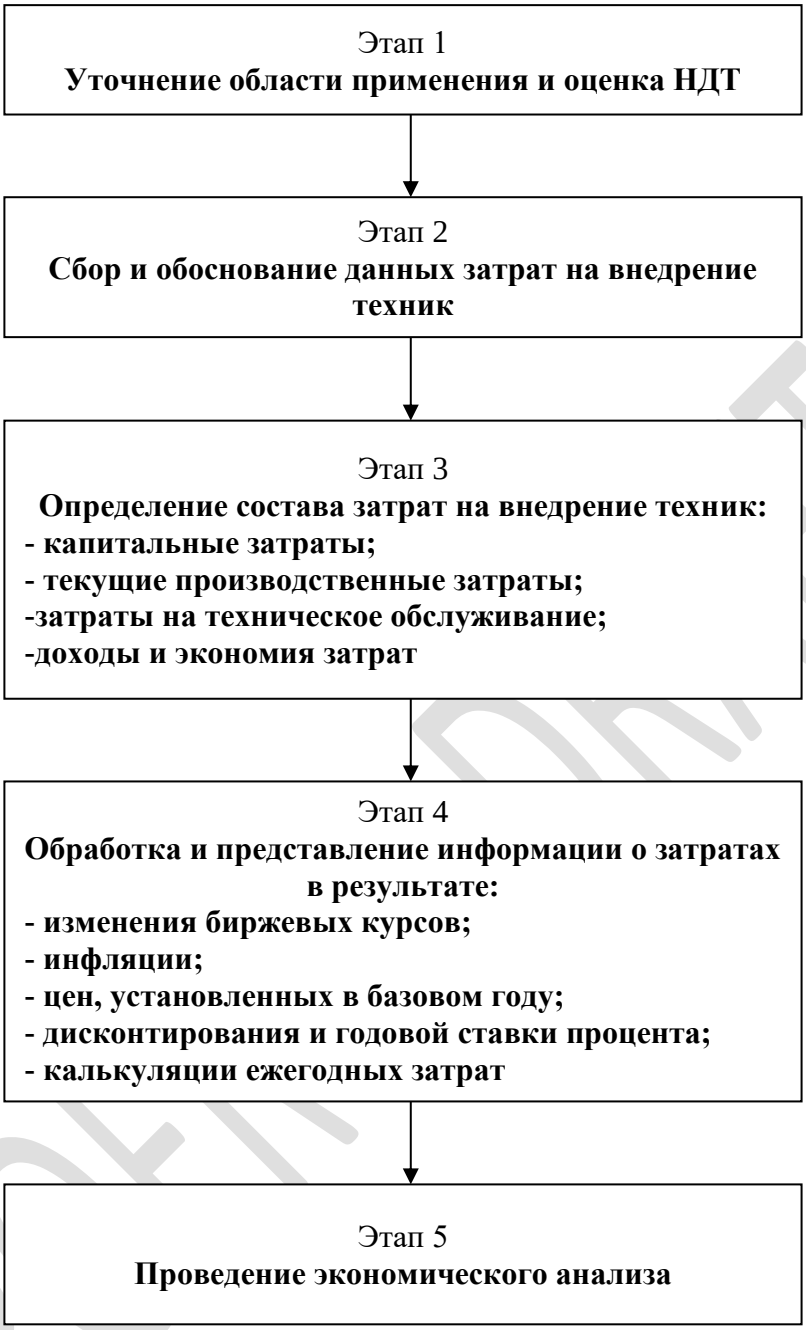


Рисунок 2.1 - Этапы оценки экономической эффективности внедрения и эксплуатации техники

В ходе проведения экономического анализа внедрения НДТ рассматривается:

а) опыт предыдущего успешного использования в промышленном масштабе сопоставимых техник;

б) информацию об известных авариях, связанных с внедрением и эксплуатацией данной техники на производстве;

в) географические факторы климата внедрения техник (расположение относительно источников энергии, ее доступность, логистические цепочки), а

также технологические ограничения, связанные с региональными физико-географическими и геологическими условиями и наличием особо охраняемых природных территорий, памятников культуры и объектов рекреации.

Для проведения оценки техники-кандидата определяется структура затрат с выделением капитальных затрат (на строительство сооружений, приобретение и монтаж оборудования) и эксплуатационных. В эксплуатационных затратах выделяются затраты на техническое обслуживание и ремонт, энергоносители, материалы и услуги, затраты на оплату труда.

По итогам сбора информации о затратах проводится ее обработка для обеспечения дальнейшего объективного сравнения рассматриваемых альтернативных вариантов.

Период внедрения техники.

Для оценки времени внедрения техники используется период окупаемости определенной техники в сравнении с затратами, относящимися к обеспечению охраны окружающей среды. Проводится оценка скорости внедрения техники. При этом рекомендуется раздельно рассматривать скорости внедрения техник следующих временных масштабов:

– краткосрочный (от нескольких недель до месяцев);
– среднесрочный (от нескольких месяцев до года);
– долгосрочный (обычно составляет несколько лет).

Выбор времени модернизации основывается на плановой замене существующего оборудования. Оценивая скорость (период) внедрения НДТ, рекомендуется также проанализировать предельные затраты на модернизацию. Для НДТ, которые требуют существенных инвестиционных капитальных затрат или значительных модификаций производственных процессов и инфраструктуры, представляется необходимым предусматривать более длительные периоды их внедрения.

Применение ресурсо- и энергосберегающих методов.

При анализе применения ресурсо- и энергосберегающих методов учитываются требования и положения существующих нормативно-правовых документов в области энерго- и ресурсосбережения. Целью анализа является установление техник, которые характеризуются (среди рассматриваемых) лучшими показателями энерго- и ресурсосбережения.

Проводится сравнительный анализ техник по потреблению основных ресурсов, принимая во внимание:

а) потребление энергии:

– общий уровень энергопотребления и для различных (основных, вспомогательных и обслуживающих) технологических процессах (с оценкой основных возможностей его снижения);
– вид и уровень использования топлива;

б) потребление воды:

– технологические процессы, в которых используется вода;
– общий объем потребления и для технологических процессов (с оценкой

ПРОЕКТ DRAFT

возможностей его снижения или повторного использования);

– назначение воды (промывная жидкость, хладагент и т. д.);

– наличие систем повторного использования воды;

в) объем потребления сырья и вспомогательных материалов (реагентов и т. п.) с оценкой возможностей их повторного использования.

После сравнительного анализа определяется возможность регенерации и рециклинга веществ и рекуперации энергии, использующихся в технологическом процессе.

В качестве основных показателей энергоэффективности и ресурсосбережения, применяемых для сравнительной оценки рассматриваемых техник, используются (при регламентированных условиях эксплуатации оборудования) показатели - удельные расходы электроэнергии, тепла, топлива, воды, различных материалов, т. е. фактические затраты того или иного ресурса (электроэнергии, тепла, воды, реагента и т. д.) на единицу продукции или оказываемой услуги, выражаемые, например, для электроэнергии в кВт-ч на 1 объема продукции или оказываемой услуги, для тепловой энергии - в Гкал/объем продукции или оказываемой услуги, для воды - в $м^3$/объем продукции или оказываемой услуги и т. д.

Ресурсосбережение (т. е. сбережение энергии и материалов) оценивается также с точки зрения возможности реализации соответствующих правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование и экономное расходование топливноэнергетических и других материальных ресурсов. Потенциал ресурсосбережения реализуется через конкретные энерго- и ресурсосберегающие мероприятия, которые можно разделить на организационно-технические, предполагающие повышение культуры производства, соблюдение номинальных режимов эксплуатации оборудования, обеспечение оптимального уровня загрузки агрегатов, ликвидацию прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, своевременное выполнение наладочных и ремонтно-восстановительных работ, использование вторичных энергоресурсов (включая утилизацию низкопотенциального тепла вентиляционных выбросов, процессы регенерации и рекуперации энергии), оснащение приборами учета используемых энергетических и других ресурсов, и инвестиционные, связанные с своевременным замещением морально устаревших производственных мощностей (производственных узлов), внедрением современного энергоэффективного и энергосберегающего оборудования, модернизацией и автоматизацией существующих технологических процессов.

Любое возможное преобразование технологического процесса и (или) используемого оборудования, влекущее за собой уменьшение удельного расхода энерго- и других ресурсов на единицу объема продукции или оказываемой услуги, особенно при снижении (или при существующем уровне выбросов и сбросов вредных веществ) оценивается как повышение его

ПРОЕКТ DRAFT

энергоэффективности и ресурсосбережения (с учетом экономической эффективности и технологической надежности данного преобразования).

ПРОЕКТ DRAFT

3 ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

3.1 Производство цемента

Производство цемента на заводах Казахстана осуществляется по двум способам:

- сухому, когда сырьевые материалы измельчаются с одновременной сушкой и обжигу подвергается сырьевая мука с влажностью не более 1-2 %. При этом удельный расход тепла составляет 3250-3550 МДж/т клинкера;
- мокрому, когда сырьевые материалы измельчаются в присутствии воды, приготавливается сырьевой шлам с W=35–42 %, который подвергают обжигу во вращающейся печи, удельный расход тепла составляет 6500-6900 МДж/т клинкера.

Производственная мощность заводов сухого способа составляет – 13,9 млн тонн, мокрого – 3,0206 млн тонн. Доля сухого способа, который относится к НДТ, в производстве цемента в Республике Казахстан на 1 января 2021 г. составляет 82,66 %.

3.1.1 Способы производства цементного клинкера

Технологическая схема мокрого способа

Типовая технологическая схема мокрого способа производства приведена при использовании твердого карбонатного компонента – известняка и мягкого глинистого компонента – глины, лесса. Добыча сырья производится экскаваторами. При мокром способе известняк подвергается двухстадийному дроблению в щековой и молотковой дробилке до щебня размером до 15-20 мм и поступает в бункера сырьевых мельниц. Глина или лесс подвергаются размучиванию в глиноболтушках и подаются на совместный помол в трубные шаровые мельницы, куда дозируются дробленый известняк, огарки и вода. Размолотый шлам с влажностью 36-40 % перекачивают в вертикальные шламбассейны для корректировки по величине коэффициента насыщения (КН), по силикатному (n) или глиноземистому модулю (p). После корректировки шлам самотеком сливают в горизонтальный шламбассейн откуда с помощью насосов непрерывно питается вращающаяся печь (рисунок 3.1).

Преимущество мокрого способа заключается в возможности приготовления более однородной сырьевой смеси, обеспечивающей получение повышенного качества клинкера. Основным недостатком данного способа является высокий удельный расход тепла, который практически в два раза выше, чем при сухом способе. Это связано с тем, что при производстве одной тонны клинкера испаряется около тонны воды. Вследствие этого на каждую

ПРОЕКТ DRAFT

тонну клинкера в атмосферу выбрасывается около 4 тонн отходящих газов, что также в два раза выше, чем при сухом способе [7].

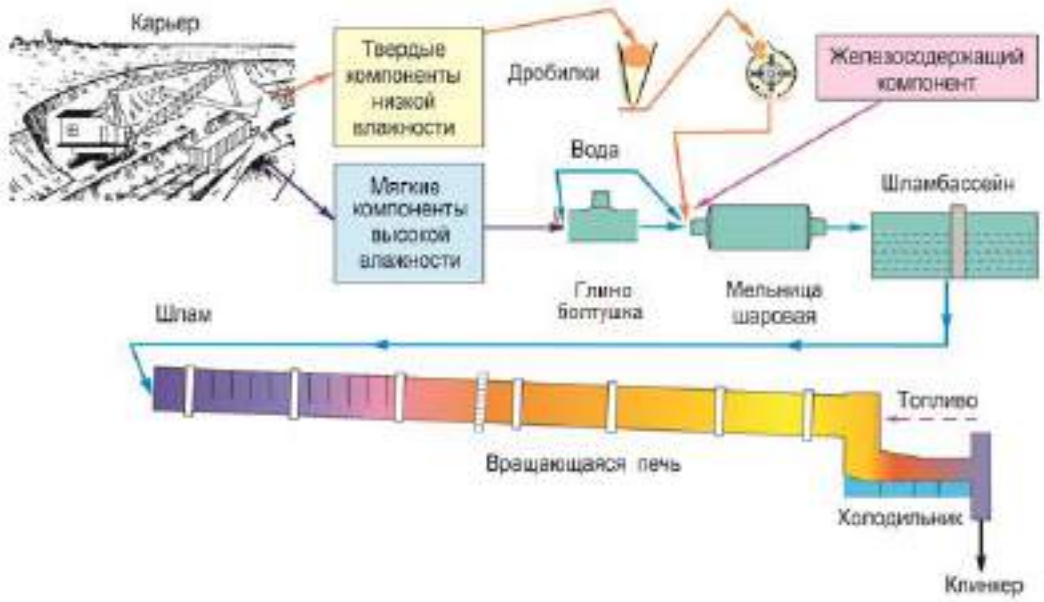


Рисунок 3.1- Технологическая схема мокрого способа

Технологическая схема сухого способа производства цемента

Во всем мире существуют различные типы печей для сухого процесса (рисунок 3.2):

• Длинные сухие печи (многие из них были разработаны в США, но также и на других континентах и странах и все еще находятся в эксплуатации) предназначены для сушки, предварительного нагрева, обжига и спекания, так что требуется добавить только систему подачи и охладитель. Верхняя часть длинных печей оснащена цепными завесами и стационарными установками для улучшения теплопередачи.

• Сухие печи (как правило, короткие печи) с технологией предварительного подогрева суспензии, с 3 до 6 циклонными ступенями. Они могут быть оснащены предварительным кальцинатором или без него. Различные механизмы доступны от различных поставщиков. Системы печей с пятью циклонными ступенями предварительного подогрева и предварительным обжигом считаются стандартной технологией для новых установок сухого процесса.

В мировой промышленности также работают печи для полусухого и полумокрого способов производства. В Казахстане такие печи отсутствуют.

• Полусухие технологические печи (также называемые печами “Леполь”, короче, чем печи мокрого процесса), изобретенные в 1928 г. и сегодня эксплуатируемые в разных странах, оснащены горизонтальной подвижной решеткой, на которую подаются смесь из сухой муки, приготовленной в диске для измельчения смеси (содержание влаги в смеси варьируется от 10% до 15%).

ПРОЕКТ

Слой смеси распределяется на колосниковой решетки, подсушивается, а затем подается в печь.

• В полувлажном процессе (способ называют также комбинированным) влажные шламовые фильтровальные кексы, приготовленные в экструдере (содержание влаги в кеках составляет около 20%), подаются либо на решетку печи “Леполь”, либо в длинную печь, более или менее такую же длину, как и в печи мокрого процесса.

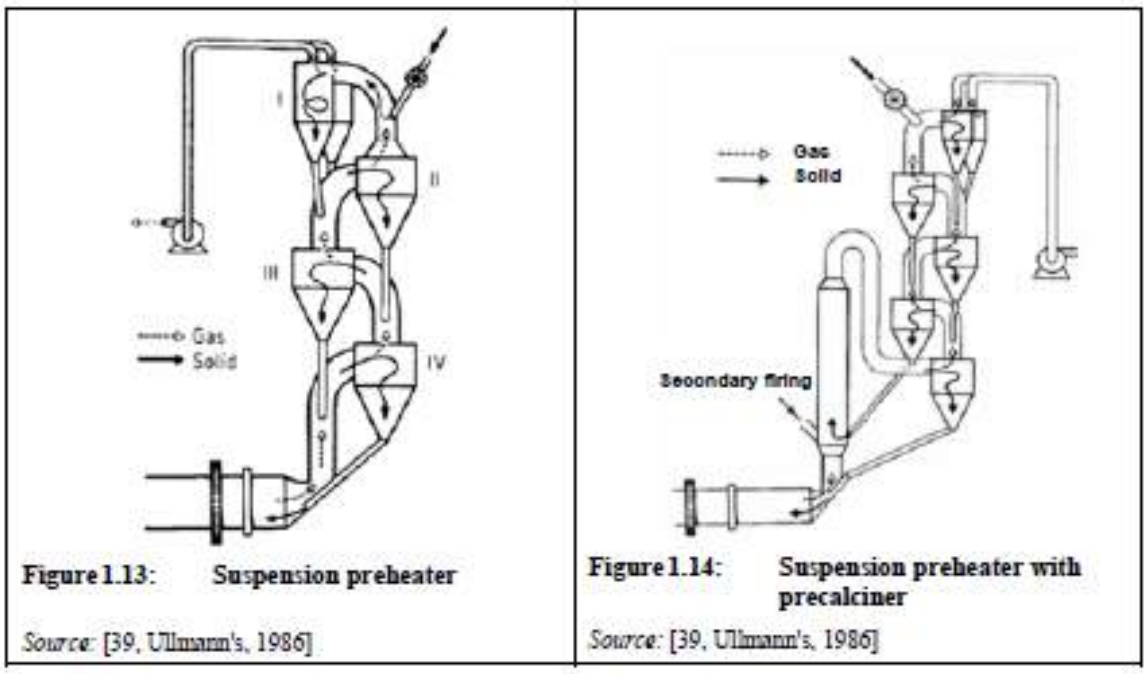


Рисунок 3.2 – Печь сухого способа производства с циклонными теплообменниками и декарбонизатором

Сухой способ производства, с использованием технологии предварительного подогрева смеси с предварительным прокаливателем или без него, в настоящее время является наиболее распространенным в мире. Например, в Японии 100 % цемента выпускают по сухому способу, в наиболее развитых странах Европы этот показатель приближается к 100 %.

Показатели сухого способа в сравнении с мокрым, приведены на рисунках 3.3, 3.4 и в таблице 3.1.

Недостатками сухого способа являются:

- некоторое снижение активности клинкера;
- усложнение технологической схемы;
- повышенная запыленность технологического процесса.

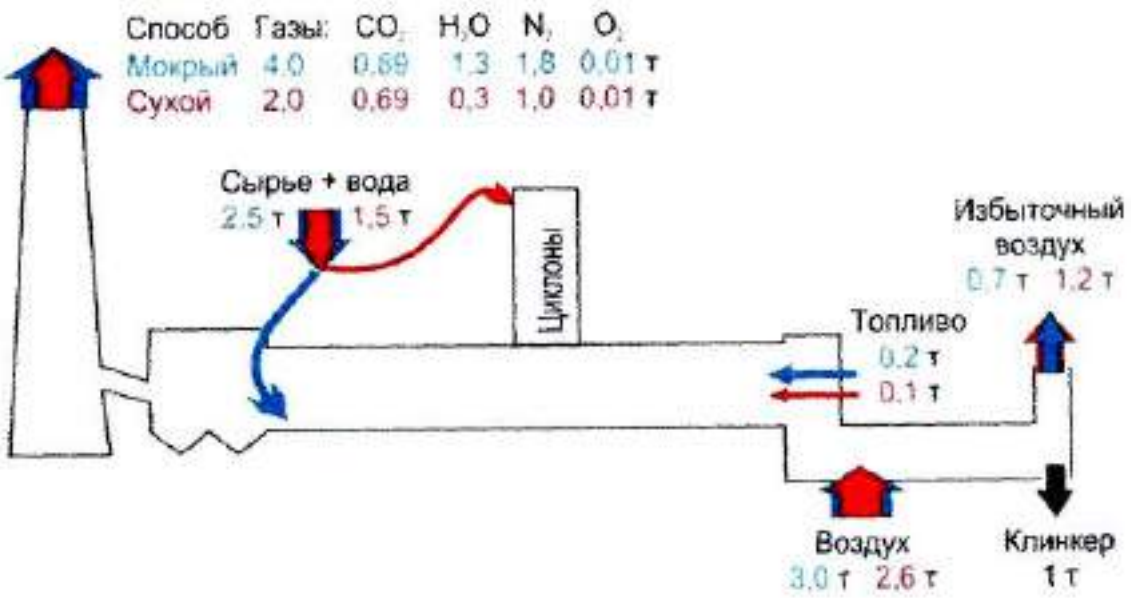


Рисунок 3.3 - Затраты материала и выброс отходящих газов в окружающую среду при мокром и сухом способах производств на тонну клинкера

Рисунок 3.4 - Материальный баланс печи сухого способа [по 24]

Сухой способ перед мокрым имеет следующие преимущества:

- удельный расход топлива практически в два раза ниже;
- единичная производительность печи в 4-5 раз больше;
- на порядок уменьшается удельный расход огнеупоров, обусловленный снижением теплонапряженння во вращающейся печи и увеличением единичной мощности;

Таблица 3.1 - Показатели мокрого и сухого способов производства цемента по [24]

Параметры	Размерность	Способ производства	
		мокрый	сухой
Мощность печи в мире: максимальная распространенная	 т/сут т/сут	 3000 1750	 12 000 3000-5000
Мощность печей в Казахстане: максимальная распространенная	 т/сут т/сут	 1750 840	 5250 2520
Расход топлива	кут/т клинкера*	200	100
Расход материалов	т/т клинкера	5	3
Расход огнеупоров	кг/т клинкера	1,0	0,1
Выход отходящих газов	т/т клинкера	4	2
Выход CO_2	кг/т цемента	890	690
Качество клинкера	%	100	90
Запыленность	-	низкая	повышенная
Технология	-	простая	сложная
Управление процессом	-	сложное	простое
Степень автоматизации	-	низкая	полная
Выработка на 1 работника	т/год	1500	7000
Число рабочих в смену	человек	10	2

*кут/т клинкера – кг условного топлива на тонну клинкера

- выбросы парниковых газов в окружающую среду ниже из-за гораздо меньшего потребления тепловой энергии в печах сухого процесса; выбросы углекислого газа в атмосферу снижается на 25 %, что имеет существенное значение в связи с Киотским соглашением:
- обеспечивается автоматизация обжига клинкера вследствие разделения процесса на отдельные контуры регулирования с возможностью подачи на каждый передел необходимого количества топлива;
- многократно увеличивается производительность труда [24].

3.1.2 Добыча сырьевых материалов

Современный цементный завод выпускает 1,5-2,0 млн т цемента. Для этого необходимо переработать 2,2-3,2 млн т сырьевых материалов или 7-10 тыс. т сырья в сутки. Добыча сырья осуществляется в карьерах, разрабатываемых открытым способом. Добычу ведут в один или несколько уступов высотой 10-15 м (рисунок 3.5). Способ добычи зависит от физико-механических свойств сырья. Вначале удаляют вскрышную породу.

ПРОЕКТ DRAFT

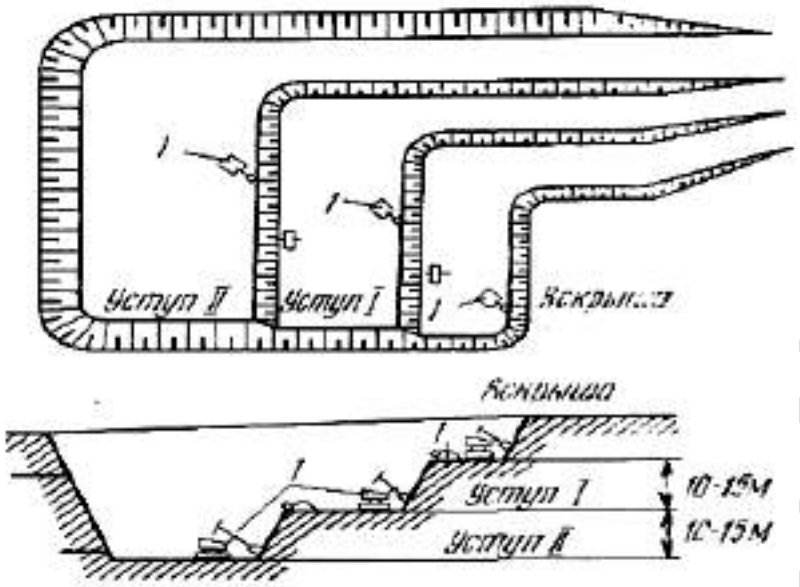


Рисунок 3.5 - Добыча известняка на карьере: 1 - экскаваторы

Твёрдые скальные породы (известняки) вначале разрыхляют взрывом. Для этого проходят скважины диаметром 100-300 мм, закладывают взрывчатку и осуществляют массовый взрыв. Проходку скважин ведут с помощью канатно-ударных станков, пневматических ударных или шарошечных буровых станков (рисунок 3.6). Погрузку скальных пород осуществляют экскаваторами с ёмкостью ковша до 8 м^3 или погрузчиками.

Рисунок 3.6 - Бурение скважин на карьере известняка
ТОО «Жамбыл Цемент»

Добычу мягких пород (мела, глины) осуществляют с помощью роторных экскаваторов, которые одновременно с добычей осуществляют и погрузку сырья.

Доля стоимости сырья в себестоимости цемента составляет до 20-25 %. Себестоимость добытого сырья зависит от ряда факторов. Около 60 % общей стоимости сырья составляют транспортные расходы.

На цементном заводе необходимо иметь определённый запас сырья, который бы обеспечивал непрерывную работу печей на случай прекращения подачи материалов из карьера. Для этого в зависимости от мощности завода установлены нормы запаса сырья, которые должны храниться на складах. Склады сырья используют открытые или закрытые. Нормы запасов материалов следующие, сут.: известняка на 3-5; гипсового камня, корректирующих и минеральных добавок – на 15-20; твёрдого топлива – на 10-15 [62].

На трех заводах Казахстана имеются особенности добычи, дробления и транспортировки сырья на завод. На заводе ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» сырье известняк и глинистый сланец после предварительного дробления на карьере доставляют на завод наиболее экономичным транспортом – ленточным конвейером, расстояние 2,8 км, и укладывают в штабели для усреднения (рисунок 3.7).

Рисунок 3.7 - Ленточный транспортер длиной 2800 м для доставки известняка и глинистого сланца с карьера в ТОО «Жамбыл Цемент»

В ТОО «ПК «Цементный завод Семей» известняк добывается в карьере суук-булакского месторождения, который находится в 88 км по железной дороге от завода. Бурение скважин производится механизированными станками

СБШ-200. Для погрузки разрыхленной породы известняка в автосамосвалы используются экскаваторы ЭКГ-4,6; ЭКГ-5,0 или ковшевые погрузчики (рисунок 3.8).

Рисунок 3.8 – Погрузка известняка ковшевым погрузчиком и экскаватором

От забоя до приемного бункера известняк возят на автомашинах БелАЗ. Дробление известняка осуществляют на карьере вначале в щековой дробилке производительностью Q – 500 т/час, затем в молотковой дробилке С-738 до размера кусков 0-20 мм. Дробленый известняк грузится в железнодорожные вагоны и отправляется на завод.

На заводе мокрого способа ТОО «ПК «Цементный завод Семей» глинистый компонент – суглинки добываются в карьере Жана-Семейского месторождения, расположенном в 15 км от завода. Глину 45 % привозят на завод автосамосвалами, а 55 % - размучивают на карьере в глиноболтушках и по трубам перекачивают на завод.

В ТОО «Стандарт Цемент» известняк Каракусского месторождения подвергается дроблению на карьере до кусков размером 70 мм, загружается в вагоны и поступает на завод. Карьер расположен примерно в 45 км от завода.

На всех других заводах известняк и глинистый компонент после добычи на карьере автосамосвалами транспортируют на завод, где осуществляется дробление сырья и дальнейшая переработка.

3.1.3 Хранение, подготовка и помол сырьевых материалов

Сырьевые материалы хранятся на заводе в открытых и/или крытых складах. Согласно технологических норм проектирования цементных заводов, нормы запаса в зависимости от вида сырья, корректирующих и минеральных добавок, топлива должны хватать на 3 - 20 суток работы предприятия [62].

Дробление сырьевых материалов

ПРОЕКТ DRAFT

Дробление – это процесс механического измельчения твердых пород со степенью измельчения от 2 до 50. Выбор дробильного оборудования и схем дробления зависит от физических свойств сырья, прочности, пластичности, влажности. На старых заводах мокрого способа производства дробление твёрдых известняковых пород высокой и средней плотности осуществляется в две стадии на карьере или на заводе. Первая стадия дробления осуществляется в щековых дробилках, вторая в молотковых. В щековых дробилках происходит раздавливание материала между подвижной и неподвижной щеками в результате периодического нажатия (рисунок 3.9).

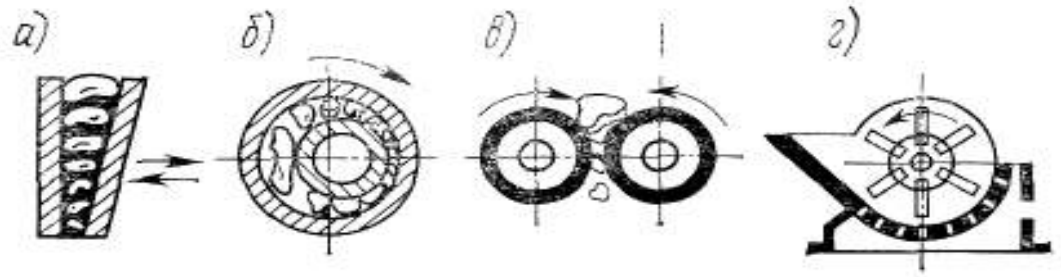


Рисунок 3.9 - Схемы дробилок различного типа:
а- щековая; б – конусная; в – валковая; г – ударно-отражательная

Щековые дробилки 1 стадии дробления могут перерабатывать камень с размерами до 1200-1500 мм. Степень измельчения в щёковых дробилках составляет 4-6. Размер выходящих кусков составляет до 100-200 мм

Щёковые дробилки просты по конструкции и достаточно надёжны в эксплуатации. Щеки футеруются броневыми плитами из закаленного литья или твёрдой стали. Износ дробящих плит составляет от 5 до 30 г на 1 т материала (рисунок 3.10).

Удельные расходы электроэнергии зависят от размеров дробилки, твёрдости породы и составляют для крупных щёковых дробилок от 0,3 до 0,7 кВт·ч/м^3 материала средней твёрдости. Щековые дробилки установлены в АО «Шымкентцемент», ТОО «Бухтарминская цементная компания», ТОО «Sas-Tobe Technologies», АО «Central Asia Cement», ТОО «Каспий Цемент», на карьере ТОО «ПК «Цементный завод Семей».

На второй стадии дробления твёрдых пород используют молотковые (одно – двухроторные) дробилки, ударно-отражательные дробилки, самоочищающиеся молотковые дробилки с подвижной плитой. Молотковые дробилки оборудованы выходными колосниковыми решётками и выдают материал крупностью меньше ширины выходной щели. Продукт измельчения выходит в виде щебня с размером кусков от 0 до 20-30 мм и более.

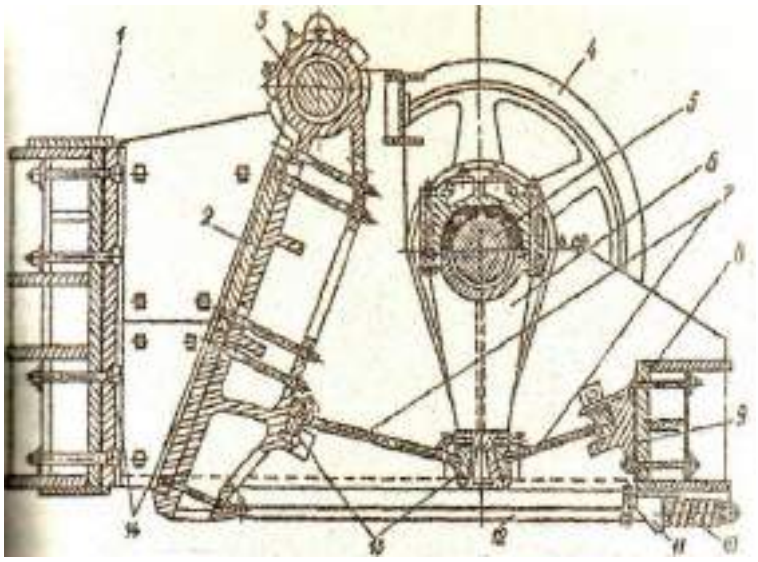


Рисунок 3.10 - Щёковая дробилка СМД – 60А:
1-корпус; 2 – подвижная щека; 3 - ось; 4 – маховик; 5 – эксцентриковый вал; 6 – шатун; 7 – распорные плиты; 8 – специальный упор;
9 – прокладка; 10 – пружина;
11 – прилив; 12 – тяга;
13 – сухари; 14 – броневые плиты

Степень измельчения молотковых дробилок составляет 20-40 (рисунок 3.11). Различают одноротorные и двухроторные молотковые дробилки. Удельный расход электроэнергии на дробление 1 т материала составляет 1-2 кВт·ч/т. Молотковые дробилки установлены на второй стадии дробления известняка АО «Шымкентцемент», ТОО «Бухтарминская цементная компания», ТОО «Sas-Tobe Technologies», АО «Central Asia Cement» (двухроторная) и на карьере ТОО «ПК «Цементный завод Семей».

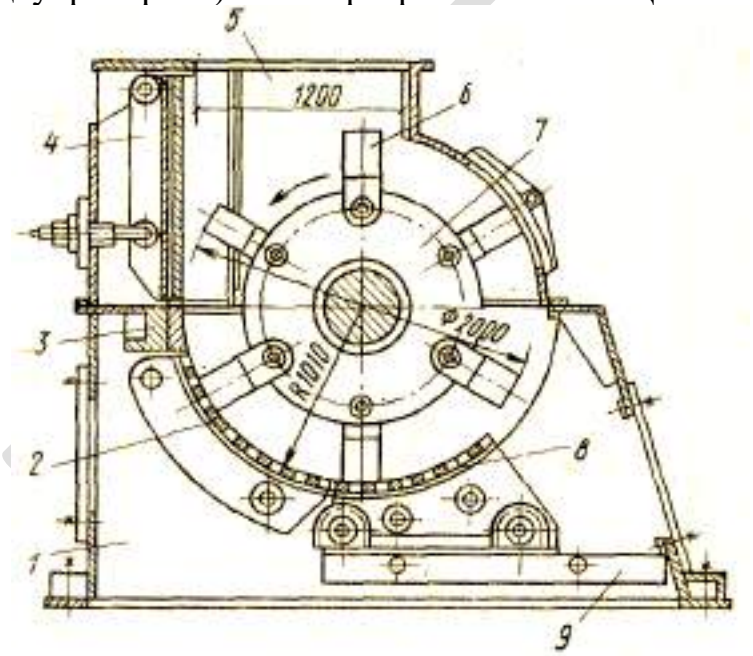


Рисунок 3.11 - Молотковая одноротorная дробилка СМД-98А:
1 – станина, 2 – колосниковая поворотная решётка,
3 – отбойный брус, 4 – отбойная плита, 5 – крыша станины,
6 – молоток, 7 – ротор,
8 – выдвижная колосниковая решётка, 9 – направляющая выдвижной решётки

На заводах сухого способа производства, как правило, устанавливаются эффективные ударно-отражательные и молотковые дробилки, где дробление осуществляется в три стадии. Первая стадия – основное дробление – происходит в тот момент, когда бильные элементы, закрепленные на роторе, ударяют по дробимому материалу. Вторая стадия происходит при столкновении дробимого материала с отражательными плитами, третья – при соударении частиц дробимого материала. Такие дробилки наиболее

эффективны для скальных пород средней твёрдости. Выпускаются одно- и двухроторные дробилки таких типов.

Для дробления твёрдых и вязких пород используют ударно-отражательные дробилки несколько иных конструкций.

В комбинированной ударно-отражательной молотковой дробилке типа EV фирмы «Смидт» (Дания) в одном агрегате совмещены две стадии дробления. Степень измельчения составляет 60-70. Принципиальные основы конструкции заключаются в комбинировании преимуществ молотковых дробилок и общепринятых молотковых мельниц по мере устранения таких помех как (повышенная изнашиваемость, недостаточный контроль кривой верхнего продукта и низкий коэффициент редукции). Ударно-отражательные дробилки установлены на карьерах известняка ТОО «Стандарт Цемент» и ТОО «Жамбылская цементная производственная компания».

Для дробления мягких пластичных сырьевых материалов (мел, глина и др.) применяют валковые дробилки (рисунок 3.9 в). В зависимости от физических свойств измельчаемого материала валки могут иметь гладкую, зубчатую, рифленую и ребристую поверхность. Степень измельчения в валковых дробилках составляет 3-4 для твердых пород и от 10 до 15 для слабых и мягких. Валковые зубчатые дробилки применяют также для крупного и среднего дробления углей.

На старых заводах мокрого способа для переработки мела и глины используют глиноболтушки. Они представляют собой круглый или многогранный бассейн диаметром 12 м. В центре бассейна на фундаменте устанавливают вертикальный вал с крестовинами (рама), на которой подвешиваются стальные грабли. При вращении рамы с граблями происходит размучивание мягкой породы. Производительность болтушек 30-50 $м^3$/ч. В глиноболтушках происходит обогащение сырья. Крупные куски твердых неразмучивающихся пород оседают на дно и глиноболтушки необходимо периодически останавливать и очищать от осадка. Такие глиноболтушки установлены в ТОО «ПК «Цементный завод Семей» (на карьере и на заводе), ТОО «Бухтарминская цементная компания» Хайдельберг Цемент и в ТОО «Sas-Tobe Technologies» для размучивания глины и лесса.

Для предотвращения попадания случайных металлических предметов в дробилки и мельницы и выхода их из строя, устанавливают металлоулавливатели.

3.1.4 Усреднительные склады сырья и топлива

Подготовка сырьевых материалов заключается в их дроблении и укладке в штабели. На заводах сухого способа известняк, глинистый компонент и уголь укладывают в штабели для усреднения химического состава.

ПРОЕКТ DRAFT

Усреднительные склады имеются только на заводах сухого способа производства. На заводах мокрого способа сырье, топливо, добавки по нормативам хранятся в крытых или открытых складах без усреднения.

На цементном заводе помимо сырья, необходимо усреднить состав угля. Для этого материал, раздробленный до крупности менее 70-80 мм, укладывают в штабели. Качество штабеля зависит от метода её укладки. Материал можно укладывать в штабель узкими полосами, тонкими слоями, длинными наклонными слоями, конусами, сливающимися в штабель.

При отсыпке штабеля может происходить сепарация материала по высоте штабеля (происходит расслаивание и крупные куски скапливаются внизу). Поэтому разгрузку ведут по всей площади торца, что обеспечивает высокую степень усреднения.

Отсыпку штабеля производят штабелеукладчиком. Для обеспечения хорошего усреднения штабели должны быть вытянуты в длину. Отношение длины штабеля к его ширине должно быть не менее 5:1. Смешивание слоев по вертикали осуществляется граблями, которые совершают горизонтальное возвратно-поступательное движение и ссыпают усредненную смесь вниз. Далее усредненный компонент скребковым транспортером передается на сборный транспортер и в дозирующие бункера перед сушильно-помольным отделением сырья.

Усреднительный склад сырья работает непрерывно. Обычно формируют 2 штабеля из дроблёного известняка и при необходимости (при пестром составе глин) штабели суглинков или сланцев. Один из штабелей обеспечивает недельную работу завода, а формирование штабеля производится за меньшее время. Выдача материала может производиться непрерывно. На рисунке 3.12 приведен шевронный склад, эксплуатируемый на большинстве цементных заводов сухого способа Казахстана.

Рисунок 3.12 - Первичное усреднение компонентов

DRAFT

Необходимость использования крытых складов сырья и твердого топлива, а также клинкера зависит от климатических условий и процентного содержания мелких частиц в запасах материалов.

Открытые складские запасы материалов часто являются источником диффузных выбросов пыли, иногда значительных, особенно в ветреную погоду, и руды во время погрузочно-разгрузочных работ (например, погрузка и разгрузка грузовиков с погрузчиком, лотки штабелеров и т.д.).

По возможности настоятельно рекомендуются закрытые системы хранения сырья, твердого топлива, клинкера и других продуктов.

Усреднительные склады позволяют значительно гомогенизировать состав сырья. Так при колебаниях состава известняка, поступающего с карьера по $CaCO_3$±10 %, после усреднения на складе колебания уже уменьшаются до ±1% $CaCO_3$.

При помоле в сырьевых мельницах сырье дополнительно усредняется. Окончательное усреднение сырьевой муки производится в силосах. Колебания в содержании $CaCO_3$ уже не превышают ± 0,3 %. Кроме продольного, используют также кольцевое штабелирование сырья. Такой круглый усреднительный склад работает в АО «Шымкентцемент» (рисунок 3.13).

Рисунок 3.13 – Круглый усреднительный склад установленный в АО «Шымкент цемент»

3.1.5 Измельчение сырьевых материалов

Помол сырьевых материалов при сухом способе производства

Наиболее распространенными в мире системами сухого измельчения сырья, твердого топлива и клинкера являются:

• трубчатые (шаровые) мельницы с различным расположением (например, центральная разгрузка, продувка, торцевая разгрузка в замкнутом контуре и т.д.);

ПРОЕКТ DRAFT

• Вертикальные мельницы с различными технологиями (барабанно-шаровая мельница, кольцевая шаровая мельница, используемая в основном для твердого топлива и т. д.);

• Валковый пресс (может использоваться перед шаровой мельницей для окончательного помола цемента).

Вертикальные мельницы

Помол сырьевых материалов при сухом способе производства зачастую осуществляется в высокопроизводительных и экономичных вертикальных валковых мельницах, где производится одновременный помол и сушка сырья. Сушильным агентом являются отходящие из циклонных теплообменников дымовые газы с температурой до 300-350 °С. В период запуска печи сушильный агент готовится в собственном генераторе, работающем, как правило, на дизельном топливе. Измельчение сырья происходит за счет раздавливающего и истирающего действия валков и вращающейся тарелки. Тонина помола сырья регулируется путем изменения разряжения и положения пластин на вращающемся роторе встроенного сепаратора. Тонкость помола муки находится в пределах 10-15 % остатка на сите №008 или 009. Остаточная влажность сырьевой муки составляет до 1-2 %.

Основными достоинствами среднеходных мельниц являются:

- низкие удельные энергозатраты на помол;
- сравнительно малые габаритные размеры установок;
- простота монтажа оборудования;
- возможность автоматизации процесса;
- относительно небольшие капиталовложения;
- низкий уровень шума;
- простота регулирования необходимой тонкости помола.

Основными недостатками тарельчато-валковых мельниц являются:

- высокая чувствительность к попаданию вместе с сырьём посторонних металлических предметов и твёрдой породы (например желваков кремния);
- низкая износостойкость размалывающих элементов;
- высокий уровень вибрации;
- значительное снижение производительности при незначительном износе размалывающих элементов.

Тарельчато-валковая мельница (рисунок 3.14) состоит из валков *3,* тарелки *2,* приводимой во вращение от двигателя через редуктор.

Исходный материал загружается через воронку на распределительный конус тарелки и ссыпается на бронеплиты. При вращении тарелки материал попадает под валки, где измельчается посредством раздавливания и истирания. Сила сжатия, требуемая для измельчения, создаётся системой гидравлического прижима. Зазор между роликом и чашей можно регулировать винтовым упором. Мельница закрыта герметическим кожухом.

DRAFT

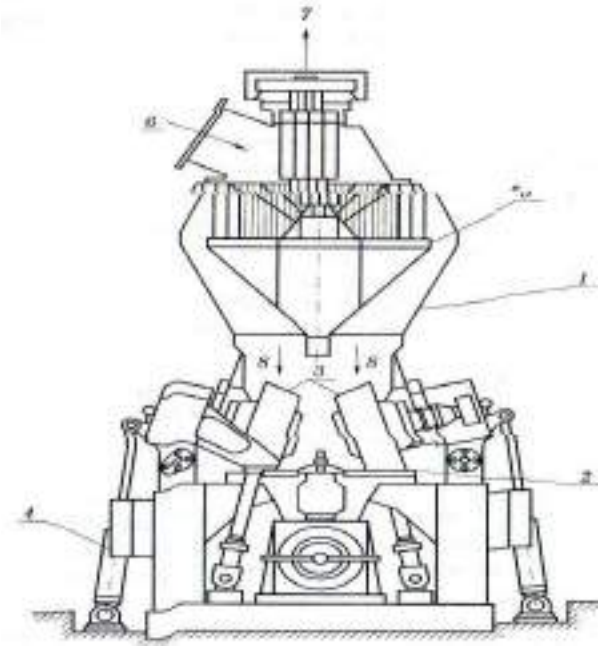


Рисунок 3.14. Тарельчато-валковая мельница:
1 - корпус; 2 тарелка; 3 - валки; 4 - прижимное устройство; 5 - воздушный классификатор; 6 - подача измельчаемого материала; 7 - измельчённый продукт; 8 - крупный продукт классификатора

Материал размалывается и передаётся центробежной силой на стационарное кольцо со штуцерами для воздуха. Измельчённый материал выносится потоком воздуха, подаваемого по каналу, в сепаратор. Материал делится на тонкий помол и крупную фракцию в зоне сепарирования вращающейся корзиной сепаратора. Крупная фракция направляется в центр размола. Готовый продукт покидает сепаратор вместе с потоком газа и отделяется от газа в фильтре, расположенном ниже.

Валковые мельницы изготавливают с тарелкой диаметром 0,6-4,5 м, роликов – 0,48-2,2 м, скорость вращения тарелки около 3 м/с.

Мельница Loesche для тонкого помола сырьевых материалов приведена на рисунке 3.15.

Сырьевой материал подается в мельницу через лопастной питатель 1 и по течке 2 падает в центр помольного стола 3. Под действием центробежной силы материал перемещается к краю помольного стола и таким образом оказывается под гидропневматически подпружиненными помольными валками 4. Вовлеченный материал в плотном слое измельчается в зазоре между валками и помольным столом. Измельченный помольными валками материал за счет центробежной силы, возникающей при вращении помольного стола, отбрасывается за край стола.

Сепаратор 10 в соответствии со своей настройкой не пропускает грубо молотый материал - крупку. Крупные частицы падают через внутренний конус для крупки обратно на помольный стол 3 для повторного помола. Готовый продукт помола проходит через сепаратор и покидает мельницу вместе с потоком газа 12.

Мельницы Loesche могут работать с материалом влажностью до 25 %.

Конечная тонкость помола продукта в зависимости от состава сырьевой смеси лежит в диапазоне между 6 % и 30 % остатка на сите 90 микрон. Размер мельницы обозначается по внешнему рабочему диаметру помольного стола в дециметрах [дм].

Рисунок 3.15 - Мельница Loesche для тонкого помола сырья

Производительность (т/час) различных типоразмеров мельниц и мощность привода приведены на рисунке 3.16.

Система измельчения сырьевых материалов фирмы «Полизиус» состоит из ленточного транспортера (рисунок 3.17), оснащенного поперечно расположенным магнитным сепаратором и металлоискателем.

Отдозированные влажные сырьевые материалы и горячие дымовые газы поступают в валковую мельницу, измельчаются валками и высушиваются. Дымовые газы выносят измельченный материал в верхнюю часть мельницы, где расположен встроенный сепаратор. Здесь материал классифицируется, крупные частицы возвращаются на тарелку для доизмельчения, готовый продукт выносится дымовыми газами в циклон, улавливается и затем подается в силос сырьевой муки. Запыленные дымовые газы очищаются в фильтре и выбрасываются в атмосферу.

Такие измельчающие системы для помола сырьевых материалов, установлены на заводах сухого способа Казахстана кроме АО «Карцемент».

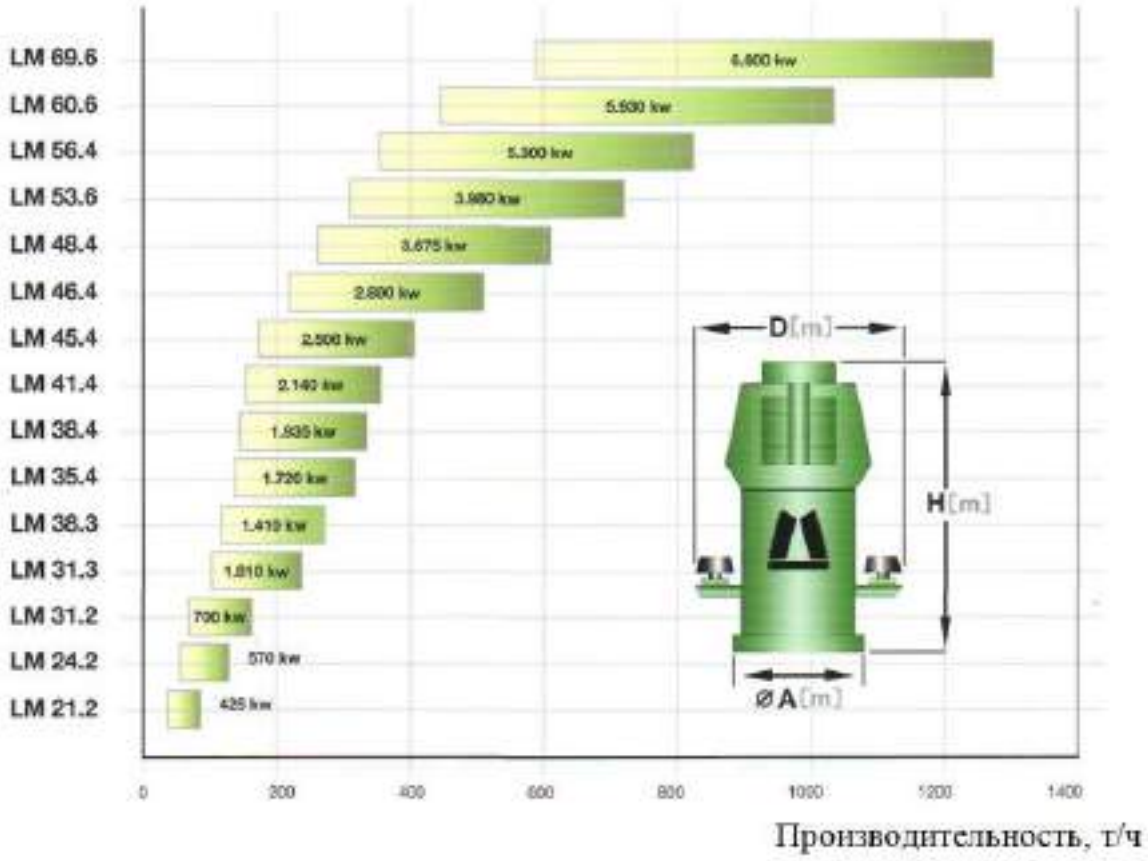


Рисунок 3.16 – Мощность привода и производительность сырьевых мельниц Loesche

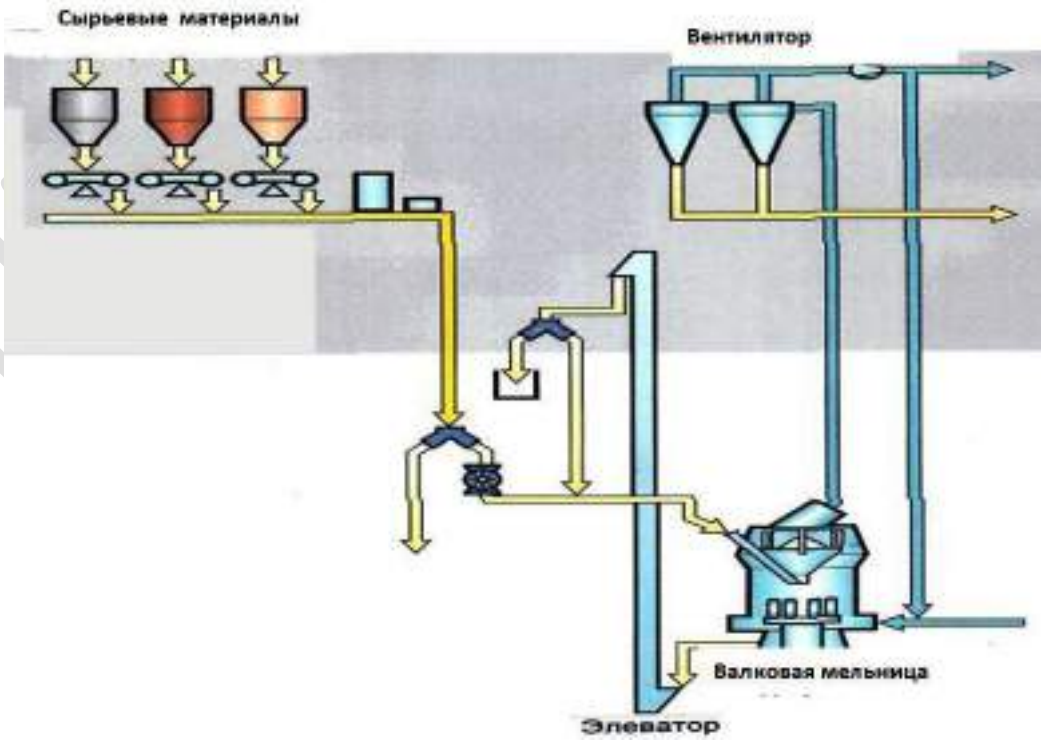


Рисунок 3.17 - Система измельчения фирмы Полизиус

Для разделения измельченного материала на готовый продукт и крупку установлены высокоэффективные экономичные динамические сепараторы SEPOL. Их работа регулируется в зависимости от вида измельчаемого материала и необходимой степени измельчения.

Вследствие высокой селективности такие сепараторы позволяют снизить удельный расход электроэнергии на измельчение.

На всех заводах сухого способа Казахстана для транспортировки муки, клинкера, цемента установлены механические транспортирующие устройства – ковшовые элеваторы, которые позволяют снизить расход электроэнергии по сравнению с пневмотраспортирующими (пневмокамерные, пневмовинтовые насосы, пневмоподъемники). На трех старых заводах мокрого способа цемент, пыль электрофильтров транспортируют пневмокамерными и пневмовинтовыми насосами.

В ТОО «Стандарт Цемент» дробленный глинистый материал подается в сектор предварительного смешения глины. Вместимость склада для глины 2х6600 т, для угля 2х5000 т. После усреднения глина ленточным конвейером передается в силос глины, а уголь поступает в склад.

Известняк, лесс, песок и пиритные огарки с соотвествующих силосов загружаются в дозатор, затем с помощью ленточного конвейера и системы транспортеров в определенном соотношении отправляются в сырьевую мельницу для помола.

В ТОО «Стандарт Цемент» для одновременного дробления, сушки, помола и сортировки сырьевого материала применяется вертикальная роликовая мельница марки TRM 36.4. Производительность 200 т/час. Размер загружаемых частиц сырья не более 80 мм.

Тонкость помола сырьевой муки по остатку на сите №008 составляет 12-14%. Влажность продукта должны быть не более 0,5%. Температура газа для сушки материала составляет 200-250 °С.

Помол сырья на других заводах сухого способа осуществляют аналогичным образом.

В АО «Карцемент» помол сырья осуществляется по другому. Для подсушки и дробления суглинков установлены двух-роторные ударно-отражательные сушилки-дробилки фирмы «Хацемаг» (Германия) (рисунок 3.18).

Суглинки с влажностью 15-20 % по пластинчатому питателю через затворы подаются в дробилку, куда из топки поступают горячие дымовые газы с температурой 800 ºС. Подсушенные дроблёные суглинки с влажностью 5-8 % по ленточному конвейеру направляются в сырьевой цех. Совместный помол подсушенных суглинков и известняка с влажностью 2-4 % осуществляется в однокамерной сырьевой мельнице Ø4,2х10 м производительностью 120 т/ч (рисунок 3.19). На заводе установлено 4 мельницы.

ПРОЕКТ DRAFT

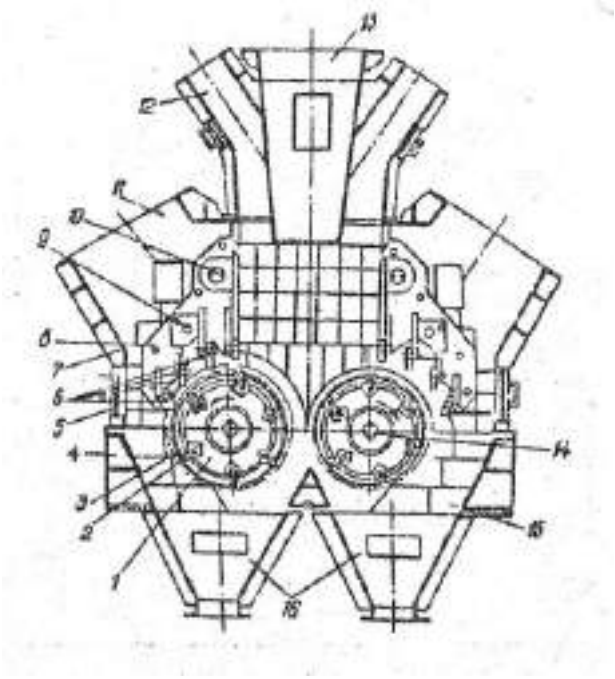


Рисунок 3.18 - Двухроторная ударно-отражательная дробилка-сушилка фирмы «Хацемаг»:
1-ротор; 2- ударный элемент; 3-упор;
4-корпус нижний; 5-отбойная плита;
6-отражательные плиты; 7-верхняя часть корпуса; 8-ударный механизм;
9- предохранительный механизм;
10- упор предохранителя; 11-входное устройство; 12-выходное устройство; 13-глазок; 14-вал ротора; 15-защитная плита;
16-выгрузка материала

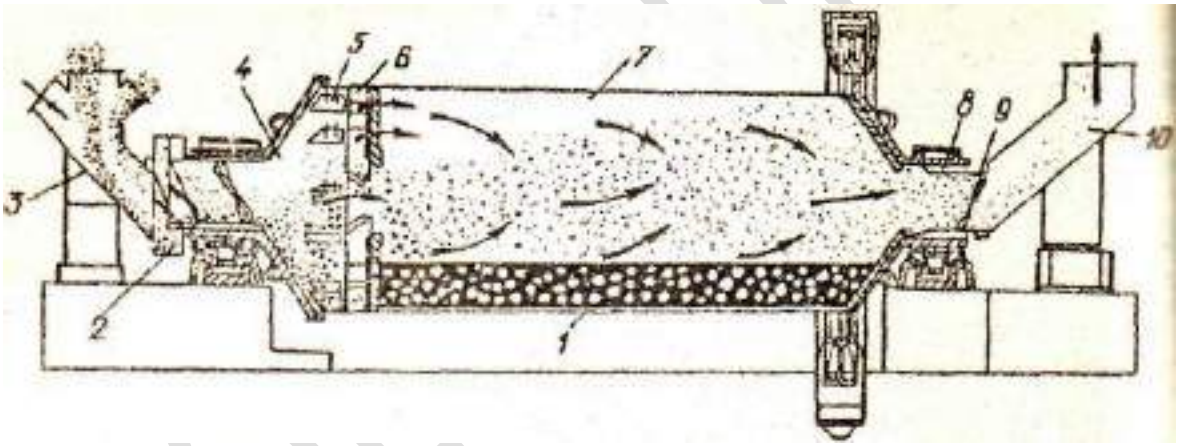


Рисунок 3.19 - Схема трубной мельницы с проходным сепаратором:
1- корпус мельницы; 2- загрузочное устройство; 3- разгрузочная течка; 4-сушильная камера; 5- разбрасывающие лопасти; 6- элеваторное устройство; 7-размольная камера; 8 - разгрузочное устройство; 9- винтовой конвейер; 10-вытяжная труба

Удельные энергозатраты при помоле в валковой мельнице с сушкой сырьевой смеси составляют 9 кВт·ч/т, из которых 5,8 кВт·ч/т приходится собственно на помол до остатка на сите №009 – 18 %, остальные 3,2 кВт·ч/т расходуются на преодоление гидравлического сопротивления мельницы, составляющего 360 мм вод. ст.

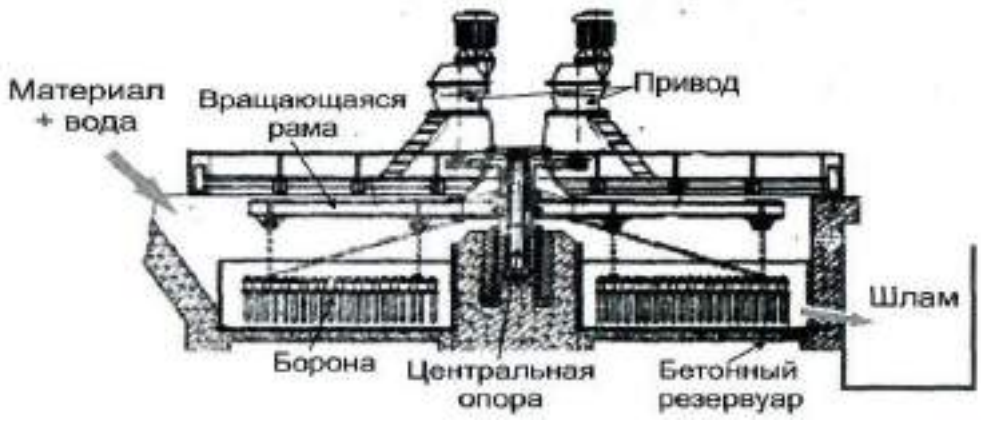
Помол сырьевых материалов при мокром способе производства

При мокром способе приготавливают сырьевой шлам с влажностью 36-40 %. Совместный или раздельный помол известняка, лесса (глины), пиритных огарок осуществляется в трубных шаровых мельницах. Известняк перед подачей в мельницу проходит двухстадийное дробление в щековых, затем в молотковых дробилках до размера частиц 0-25 мм. Глинистый компонент предварительно размучивают в глиноболтушках, затем подают в мельницу. На казахстанских заводах мокрого способа установлены, в основном, три типоразмера трубных мельниц: Ø2,6х13 м; Ø3х14 м и Ø3,2х15 м производительностью от 40 до 80 т/ч.

С увеличением тонкости помола сырья возрастает поверхность взаимодействия и реакционная способность частиц материалов. Для обеспечения оптимальной скорости протекания физико-химических процессов клинкерообразования осуществляется помол сырьевой смеси до остатков на ситах №02 (2-3 %) и №008 (10-15 %) или до удельной поверхности ~ 300 м^2/кг. При мокром способе производства сырьевые материалы измельчают и смешивают в присутствии воды до образования водной суспензии (шлама с влажностью 30-40 %). Проникая в поры и микротрещины, вода оказывает расклинивающее действие и тем самым способствует измельчению материала. Мягкие породы, такие как мел, глина, суглинки и лесс, при перемешивании в воде диспергируются, «самораспускаются». Мокрый помол считается более эффективным, так как обеспечивает высокую однородность сырьевой смеси.

Вязкие и пластичные сырьевые материалы – глины, лессы, легко диспергируемые с водой, измельчают в несколько стадий: измельчение в болтушках и окончательный помол с известняком в шаровых мельницах. По такой схеме работают все три завода мокрого способа.

Болтушка представляет собой бетонный резервуар диаметром 5-12 м и глубиной 1,8-5,5 м (рисунок 3.20). В центре резервуара на бетонном фундаменте расположен вертикальный вращающийся вал, на крестовине которого подвешены стальные зубчатые бороны. При этом бороны и зубья разбивают поступающий в болтушку материал и перемешивают его с водой. Измельченный материал превращается в пульпу-шлам и через боковое отверстие с решеткой поступает в отводной приямок.



ПРОЕКТ DRAFT

Рисунок 3.20 - Болтушки для размучивания мягких пород

При вращении крупные куски материала разбиваются, при этом кварцевые включения оседают на дно резервуара, которые периодически извлекают. Болтушки занимают значительную площадь, имеют невысокую производительность, выходящий из них шлам имеет высокую влажность.

Стоит отметить еще один вид помольного оборудования: мельница «Гидрофол». Для таких сырьевых материалов, как мел, содержащий твердые включения кремнезема, перед шаровой мельницей материал подается во вращающийся барабан большого диаметра, снабженный подъемными устройствами (лифтами) и иногда шарами в качестве мелющих тел. Конкреции кремнезема также действуют как мелющие тела.

Окончательный помол сырьевых материалов на заводах мокрого способа ТОО «ПК «Цементный завод Семей», ТОО «Бухтарминская цементная компания», ТОО «Sas-Tobe Technologies» осуществляется в трубных шаровых мельницах.

Трубные мельницы могут использоваться для измельчения сырья как сухим, так и мокрым способом.

Устройство, характеристики, принцип работы и управления шаровой трубной мельницы для помола сырьевого шлама показаны на рисунке 3.21.

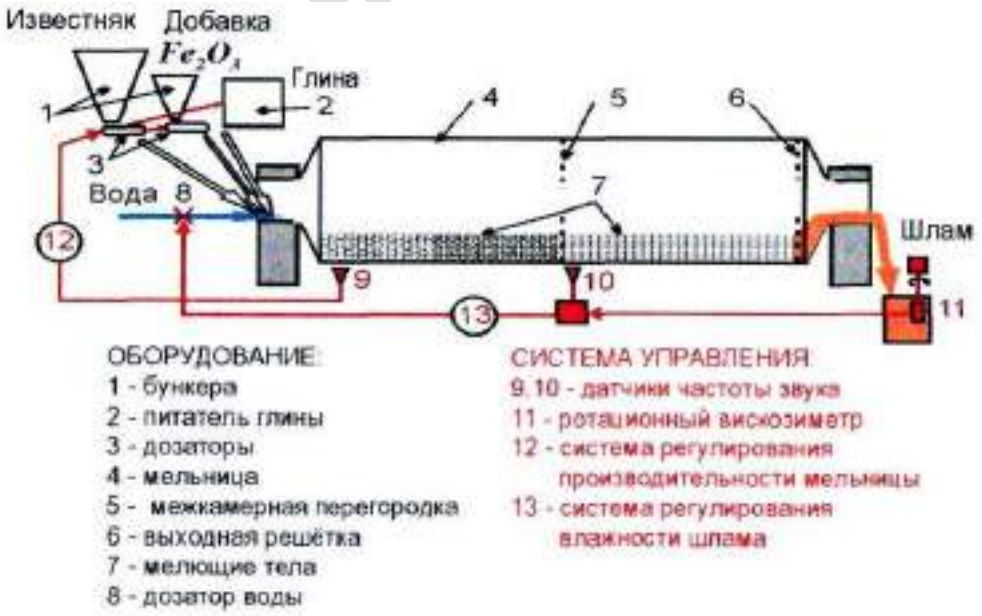


Рисунок 3.21 - Схема управления процессом помола шлама в шаровой мельнице

Мельница изнутри отфутерована бронеплитами, в качестве мелющих тел используются стальные шары различного диаметра, а также цильпебс.

Периодически на выходе из мельницы контролируется влажность, тонкость помола и химический состав шлама. Если возникает более грубый помол, следует уменьшить количество подаваемого материала. Но в таком случае происходит запаздывание принимаемых мер. Для опережающего контроля используют датчик частоты звука 9 (микрофон). При уменьшении количества материала возрастает сила шума и частота звука - мельница «гремит», так как стальные шары ударяются не о материал, а о бронефутеровку. Это является сигналом к увеличению подачи материала. При «глухом» звуке принимаются противоположные действия.

Текущая влажность шлама контролируется ротационным вискозиметром 11. При вращении ротора в зависимости от вязкости шлама создается различное сопротивление, которое отражается в виде изменения нагрузки на электродвигатель: чем больше влажность, тем ниже вязкость и меньше нагрузка на электродвигатель. Этот показатель поступает на датчик частоты звука 10, установленный в начале зоны шламообразования, Если влажность высокая, то удары шаров звонкие, частота звука высокая. Если - низкая, то удары шаров глухие, частота звука низкая. По показаниям приборов 10 и 11 система регулирования влажности шлама определяет необходимый расход воды. Конечная влажность определяется в лаборатории.

Подача в мельницу железосодержащей добавки и глины регулируется в зависимости от химического состава шлама на выходе из мельницы, который определяется рентгеновским спектрометром. Интенсифицировать процесс помола, снизить удельный расход электроэнергии, уменьшить влажность шлама можно путем введения поверхностно-активных веществ (ПАВ) – разжижителей.

3.1.6 Усреднение и корректировка

Усреднение и корректировка шлама при мокром способе

На обжиг в печь должен подаваться сырьевой шлам однородного химического состава, тонкости помола, влажности и текучести. В этом случае вращающаяся печь работает стабильно и получаемый клинкер имеет высокое качество и заданные химико-минералогические характеристики.

Производительность печи, удельный расход топлива, гранулометрия клинкера, температура отходящих газов находятся в оптимальных пределах.

Корректировка и усреднение состава сырьевого шлама производятся в вертикальных шламовых бассейнах емкостью от 400 до 1000 м^3 (рисунок 3.22). Корректировка осуществляется порционным методом или корректировкой в потоке (рисунок 3.23).

Откорректированный шлам, после проверки его технологических параметров самотеком сливается в горизонтальные шламбассейны емкостью до

ПРОЕКТ DRAFT

3500-10000 м^3. Емкость горизонтальных бассейнов должна обеспечивать 3-х суточную производительность печей данного завода.

Корректировка состава шлама осуществляется по величине коэффициента насыщения (КН) и силикатного или глиноземистого модуля.

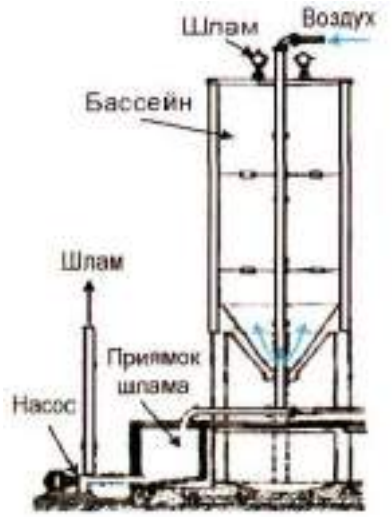


Рисунок 3.22 - Общий вид вертикального шламбассейна

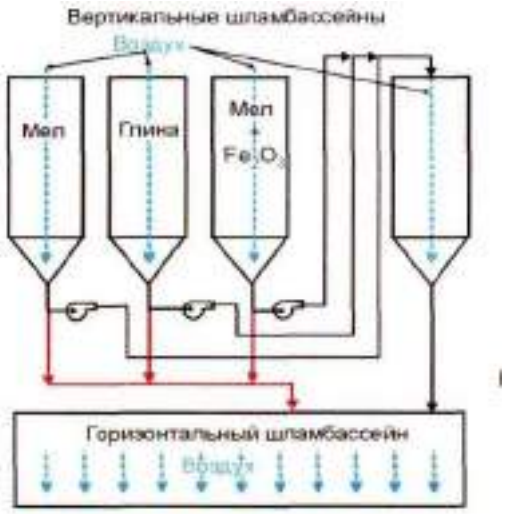


Рисунок 3.23 - Порционный способ корректирования шлама

После пневмоперемешивания шлама в вертикальных бассейнах определяется его химический состав на рентгеновском спектрометре, и в соответствии с расчетом перекачивается соответствующее количество в бассейны готового шлама: вертикальный или горизонтальный (рисунок 3.24).

Расход сжатого воздуха на перемешивание составляет 0,003-0,0045 м^3/мин на 1 м^3 шлама.

Готовый сырьевой шлам перекачивается на шлампитатели вращающихся печей. Для транспортировки шламов используют центробежные шламовые насосы 6 ФШ-7А производительностью 200 м^3/ч, создающие напор до 6 МПа, а также углесосы 10У4 производительностью 350 м^3/ч с напором 12 МПа.

ПРОЕКТ

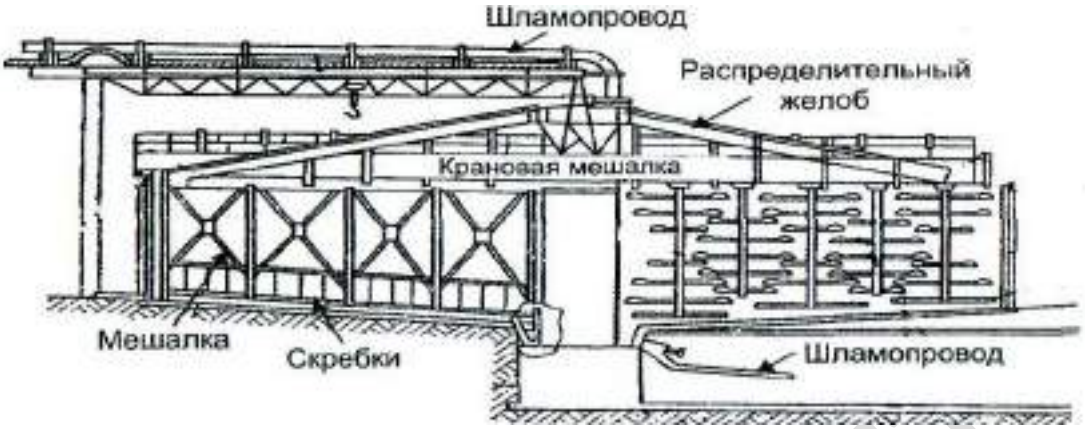


Рисунок 3.24 - Общий вид горизонтального шламбассейна

Усреднение и корректировка сырьевой муки при сухом способе

Сырье на пути от карьера до вращающейся печи проходит много ступеней обработки, ведущая роль при этом принадлежит смесительному силосу, так как в цепи обработки сырья это последний этап улучшения его качества непосредственно перед загрузкой в печь (рисунок 3.25).

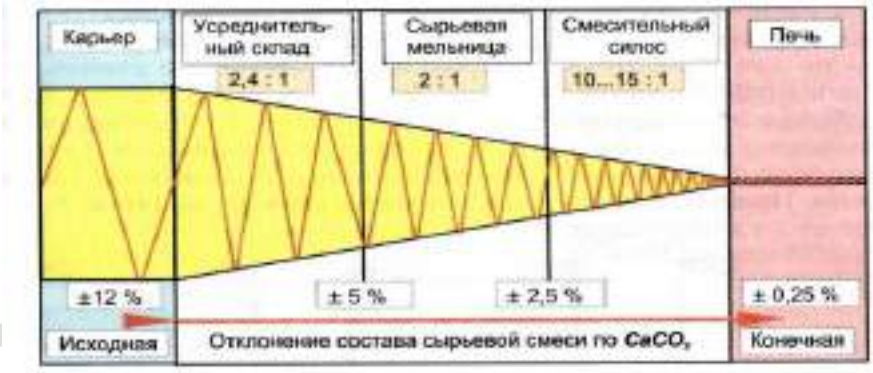


Рисунок 3.25 - Степень усреднения сырья на различных технологических переделах

Возможности усреднения сырья на различных технологических переделах свидетельствуют, что наибольшее, 10-15-кратное усреднение, обеспечивают силосы новейшей конструкции, в частности фирмы ClaudiusPeters (рисунок 3.26).

Рисунок 3.26 - Силос сырьевой муки

Силос состоит из наружного железобетонного цилиндрического корпуса, распределительной многопоточной системы загрузки, внутреннего конуса-камеры, воздушной системы аэрации и усреднения сырьевой муки, окон для перетока материала из силоса в конусную камеру и разгрузочного устройства. Наклонное днище по всему диаметру силоса оснащено воздухопроницаемыми кассетами. В целях обеспечения лучшей подвижности хранимого материала аэрация основной емкости силоса и камеры происходит раздельно.

Сжатый воздух с низким давлением снижает сцепление материала, и он начинает течь в псевдо-ожиженном слое под собственным весом. Аэрированный сыпучий материал поступает из основной емкости силоса через окна конуса в расширительную камеру, где он частично дезаэрируется и подводится к центральной выгрузочной трубе. Система многопоточной загрузки представляет собой ряд аэрожелобов, которые распределяют сырьевую муку тонким слоем по поверхности силоса, что обеспечивает его равномерное заполнение. Образование по высоте силоса тонких слоев материала с несколько различающимся составом способствует в дальнейшем эффективному перемешиванию сырьевой смеси.

Усреднение смеси производится в силосе и под смесительным конусом. Процесс усреднения включает в себя 3 этапа (рисунок 3.27):

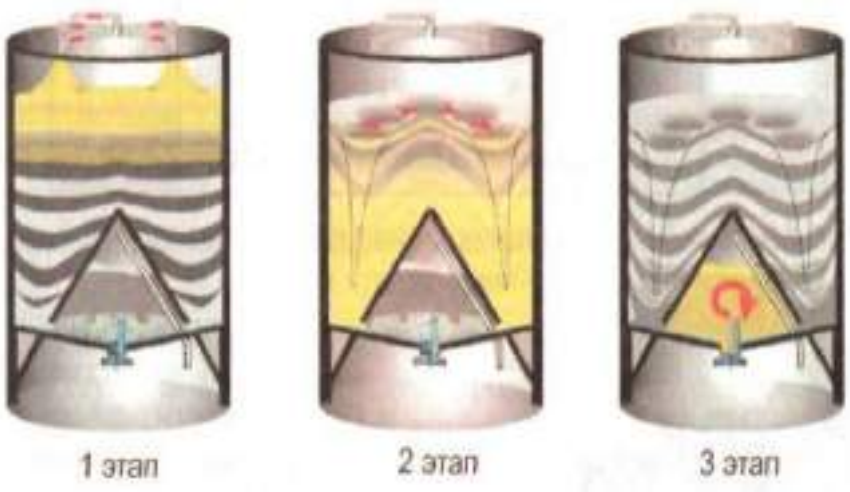


Рисунок 3.27 - Принцип усреднения сырьевой муки в силосе

1 этап - многопоточная система загрузки

2 этап – гравитационное смешивание в силосе

3 этап - пневматическое перемешивание в смесительной конусной камере силоса улучшают гомогенность сырьевой муки в 10-15 раз.

В ТОО «Жамбыл Цемент» установлен 1 силос диаметром 18 м, высотой 51,2 м, вместимость 10000 т муки. Для подачи муки на обжиг установлен ковшовый элеватор производительностью 270 т/ч. В ТОО «Стандарт Цемент» на 1 линии установлен силос сырьевой муки размером Ø15х47м ёмкостью 6450 т.

На других заводах установлены аналогичные силосы примерно такого же объема.

3.1.7 Подготовка и сжигание твердого топлива

На всех заводах поступающий уголь подвергается дроблению.

В ТОО «Стандарт Цемент» для дробления твердого топлива установлена молотковая дробилка типа NSZ-100 производительностью 100 т/час. Твердое топливо поступает с размером 250 мм, дробится до 30 мм.

Для помола твердого топлива на 1 технологической линии установлена шаровая мельница – тип MFB, размер Ø 3,2х9 м, производительность 24 т/час, скорость вращения 17,8 об/мин. Степень помола - остаток на сите №008 не должен превышать 10%. Угольная мельница работает по замкнутому циклу, установлен сепаратор типа TLS 1150-C,V=38000-40000 $м^3$/час, давление 2500 Па. После двустадийной системы дробления и помола угля установлен аппарат пылеулавливатель - рукавный фильтр типа LPF(M)8/12/9. Степень запыленности воздуха 800 г/$нм^3$, в очищенном виде 50 мг/$нм^3$. На второй технологической линии помол и сушка угля производится в вертикальной валковой мельнице.

На ТОО «ПК «Цементный завод Семей» помол угля и сушка проводятся в однокамерных шаровых мельницах ШБМ.

В ТОО «Бухтарминская цементная компания» для помола и одновременной сушки угля используются шаровые мельницы (ШБМ-4 на первой очереди, ШК-32 на второй очереди), в которых в качестве сушильного агента используется подогретый воздух от топок, работающих на каменном угле.

В АО «Шымкентцемент» помол и сушка угля после дробления производится в вертикальной шаровой мельнице итальянской фирмы Ansaldo с диаметром помольного стола 2159 мм, производительностью 22 т/час.

В ТОО «Каспий Цемент» уголь дробится в молотковой дробилке, помол угля производится в вертикальной роликовой мельнице производительностью 17-20 т/час.

ПРОЕКТ DRAFT

В ТОО «Жамбылская цементная производственная компания», ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент», ТОО «Sas-Tobe Technologies», на второй линии ТОО «Стандарт Цемент» и других заводах для помола и сушки угля установлены вертикальные валковые мельницы. Тонкость помола угля в зависимости от вида устанавливается на каждом заводе индивидуально.

На вращающихся печах для сжигания топлива используют горелки многоканального типа рассчитанные на сжигание угля, кокса, мазута и природного газа и их смесей, а также альтернативного топлива (рисунки 3.28, 3.29).

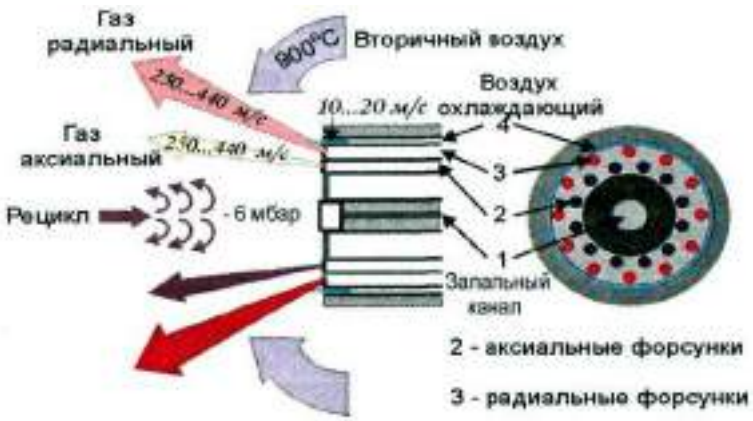


Рисунок 3.28 - Принцип работы газовой горелки Pyro-Jet фирмы KHD

Горелки многоканального типа с радиальным и аксиальным газом оснащены двумя типами форсунок: для осевой подачи газа (аксиальный газ) и для тангенциальной подачи газа (радиальный газ) [7].

Управление формой факела осуществляется путем регулирования соотношения между подачей радиального и аксиального газа (см. рисунок 3.28).

На рисунке 3.29 приводятся устройство и параметры работы угольно-мазутной форсунки, которая требует не более 7 % первичного воздуха, обеспечивает снижение объема отходящих газов и снижение расхода топлива.

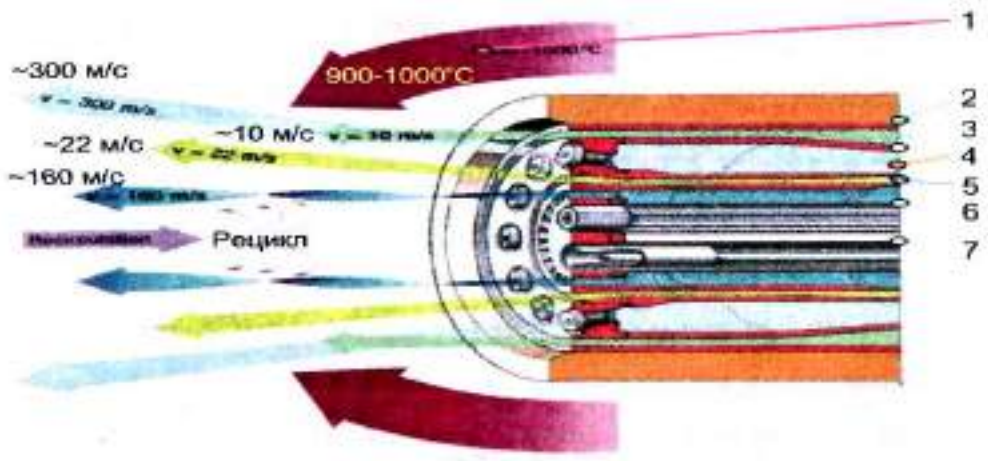


Рисунок 3.29 - Горелка Pyro-Jet для сжигания смеси угля и мазута:
1- вторичный воздух -93%; 2 - охлаждающий воздух ~ 1%; 3 - аксиальный воздух -1,6 %; 4 - транспортирующий воздух для угольной пыли - 2 %; 5 - завихряющий воздух - 2,4 %; 6 -мазутная горелка; 7 - запальная горелка

3.1.8 Обжиг клинкера

Важнейшим процессом получения цемента является обжиг клинкера, обеспечивающий качество готовой продукции и технико-экономические показатели предприятия.

На цементных заводах Республики Казахстан установлены и работают 4 типа печей для обжига клинкера:

1.Длинные вращающиеся печи мокрого способа с внутрипечными теплообменниками – 10 ед.;

2.Печь сухого способа с двухветьевым четырехступенчатым циклонным теплообменником (печь № 5 АО «Карцемент») – 1 ед.;

3. Печь сухого способа с двухветьевым четырехступенчатым циклонным теплообменником и декарбонизатором (печь № 6 АО «Карцемент») – 1 ед.;

4.Печи сухого способа с пятиступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизаторами – 7 ед.

Печи мокрого способа

Обжиг цементного клинкера по мокрому способу производится в длинных вращающихся печах с отношением длины к диаметру *L/D* ~ 37. Наибольшее распространение получили печи Ø5х185 м с колосниковым холодильником «Волга 75» (таблица 3.2).

Кроме этого, в ТОО «Бухтарминская цементная компания» установлены 2 печи длиной 100 м. В 2020 г. ТОО «Бухтарминская цементная компания» известь не производила. Печь №2 (100 м) снова переведена на обжиг цементного клинкера».

Таблица 3.2 - Технические характеристики вращающихся печей мокрого способа Республики Казахстан

Показатель	Размер печи, м		
	4(3,6)х150	4,5х170	5х185

ПРОЕКТ DRAFT

Место установки - завод	ТОО «ПК «Цементный завод Семей» - 4 ед., ТОО «Sas-Tobe Technologies»- 2ед.	ТОО «ПК «Цементный завод Семей» - 1 ед.	ТОО «Бухтарминская цем. компания» - 2 ед.
Отношение длины к среднему диаметру	41,5	41,5	40,2
Внутренняя поверхность футеровки, $м^2$	1700	2200	2700
Уклон печи, %	4	4	4
Частота вращения, об/мин	0,55-1,1	0,6-1,24	0,6-1,24
Число опор, шт	7	7	7
Тип холодильника	Рекуператорный или колосниковый	Колосниковый переталкивающий	
Мощность электродвигателя, кВт	320	250х2	320х2
Удельный расход теплоты при влажности шлама 36 %, МДж/кг клинкера	6,3	6,2-6,65	6,56
Производительность печи при влажности шлама 36 %, т/сут	850	1000-1260	1800
Удельная производительность печи, кг/($м^2$· ч)	21	22,7-23,8	28,6 - 26,5

Печной агрегат мокрого способа производства (рисунок 3.30) включает длинную вращающуюся печь с внутренними теплообменниками, шламовый питатель, привод, горелку для сжигания топлива, дымосос, клинкерный холодильник, систему очистки отходящих из печи газов. Вращающаяся печь представляет собой стальной барабан, который опирается через бандажи на роликоопоры и вращается с частотой 1-1,5 оборота в минуту. Печь имеет небольшой уклон 3-5%. Корпус печи изнутри отфутерован огнеупорным кирпичом.

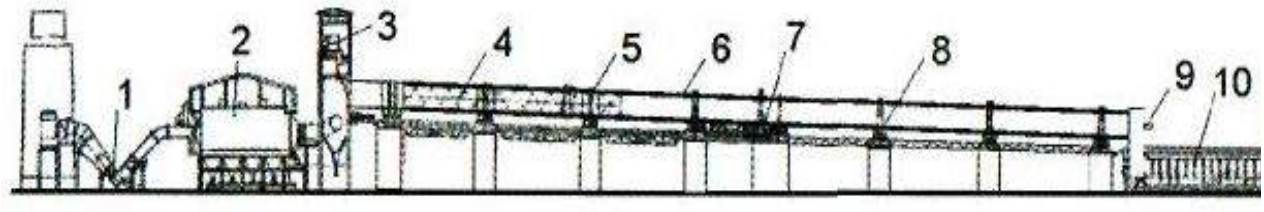


Рисунок 3.30 - Вращающаяся печь мокрого способа производства:
1 – дымосос, 2 – электрофильтр, 3 – шлампитатель, 4 – цепная завеса, 5 – бандаж,

ПРОЕКТ DRAFT

6 – корпус , 7 – привод печи, 8- роликоопора, 9 – горелка, 10 – клинкерный холодильник

Печь работает по принципу противотока. Шлам подается в холодную часть печи. Навстречу материалу движутся горячие газы, полученные от сжигания топлива (рисунок 3.31).

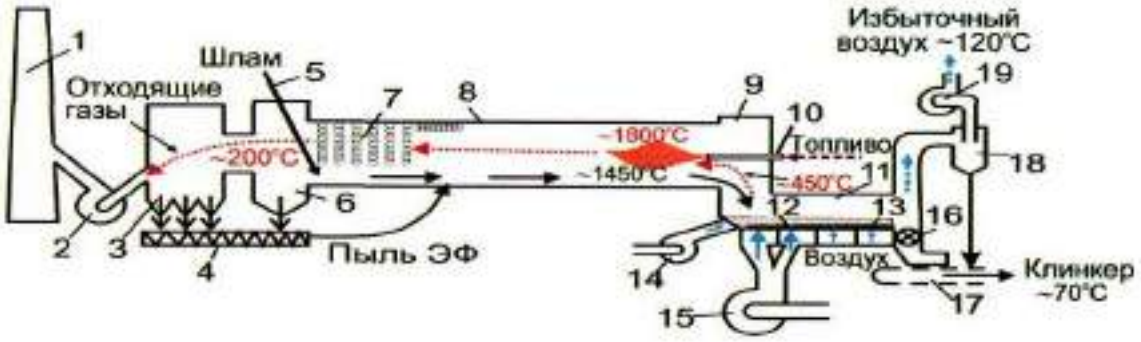


Рисунок 3.31 - Схема печи мокрого способа производства:
1 – дымовая труба; 2 – дымосос; 3 – электрофильтр; 4 – пылеуборка; 5 –шламовая труба; 6 – пылеуловительная камера; 7 – цепной теплообменник; 8 – вращающаяся печь; 9 – головка печи; 10 – горелка; 11 – колосниковый холодильник; 12 – решетка горячей камеры; 13 – решетка холодной камеры; 14 – вентилятор острого дутья;
15 – вентилятор общего дутья; 16 – дробилка клинкера; 17 – транспортер клинкера; 18 – пылеулавливатель; 19 – вентилятор избыточного воздуха

Материал, продвигаясь по печи, нагревается до температуры спекания клинкера ~ 1450°С, а газовый поток, движущийся к холодному концу, снижает свою температуру от 1800°С в факеле до ~ 200°С на выходе печи. Отходящие из печи газы после очистки в электрофильтрах 3 выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу 1. Готовый клинкер из вращающейся печи поступает в холодильник 11, где охлаждается до ~70°С дутьевым воздухом от вентиляторов 14, 15.

За счет возвратно-поступательного движения колосников решеток 12, 13 клинкер транспортируется к разгрузочной части холодильника, далее в дробилку 16 и транспортер 17. Часть воздуха, нагретого клинкером в процессе его охлаждения до ~ 450^0С, возвращается в печь в качестве вторичного рекуперационного воздуха, необходимого для горения топлива. Количество вторичного воздуха, засасываемого в печь, регулируется печным дымососом 2.

Избыточный воздух из холодильника с температурой ~ 120°С после очистки в пылеулавливателе 18 удаляется вентилятором 19 и выбрасывается в атмосферу. Работа клинкерного холодильника оказывает существенное влияние на расход топлива, стойкость футеровки и качество клинкера.

Теплообменные устройства печи предназначены для снижения расхода топлива и должны обеспечивать:

- интенсивный теплообмен между материалом и газовым потоком;
- длительную эксплуатацию цепей, предотвращение их выгорания;
- рациональное продвижение материала на различных участках;
- образование и сохранение гранул для некоторого сырья;
- предотвращение образования колец в печи;
- пониженное сопротивление газовому потоку;
- низкий пылеунос.

Комплекс теплообменных устройств обычно состоит из цепных завес и зацепных периферийных теплообменников, которые расположены в области температур материала до 500°С и выполнены в виде цепных ковриков.

Цепные теплообменники располагаются обычно на участке 25-35 % длины печи. При вращении печи на начальном участке цепи покрываются пленкой шлама, которой непосредственно передается тепло от газового потока конвекцией. После частичного высыхания шлама и достижения критической влажности материал ссыпается с цепей, при этом обеспечивается регенеративный теплообмен, когда цепь нагревается в газовом потоке в верхнем положении и отдает тепло материалу при погружении в него.

Печи сухого способа

В печах с теплообменниками фирмы «Гумбольдт» процесс обжига разделяется на два этапа; обычный обжигательный барабан значительно укорачивается, а подогрев и частичная декарбонизация сырьевой муки осуществляются в циклонном теплообменнике (рисунок 3.32).

Параметры работы печи и движение газового потока и материала показаны на рисунке 3.33.

Теплообменник состоит из циклонов, расположенных один над другим. Каждый циклон и соответствующий газоход образуют одну ступень нагрева. Основной теплообмен осуществляется в восходящем прямоточном потоке газа и материала в газоходах между циклонами. В самих циклонах образуется противоток: материал, выделяясь вследствие центробежной силы из газового потока, направляется вниз, а очищенный от пыли газ отсасывается дымососом вверх. Одна такая печь установлена в АО «Кар Цемент».

ПРОЕКТ DRAFT

Рисунок 3.32 - Печь с циклонным теплообменником

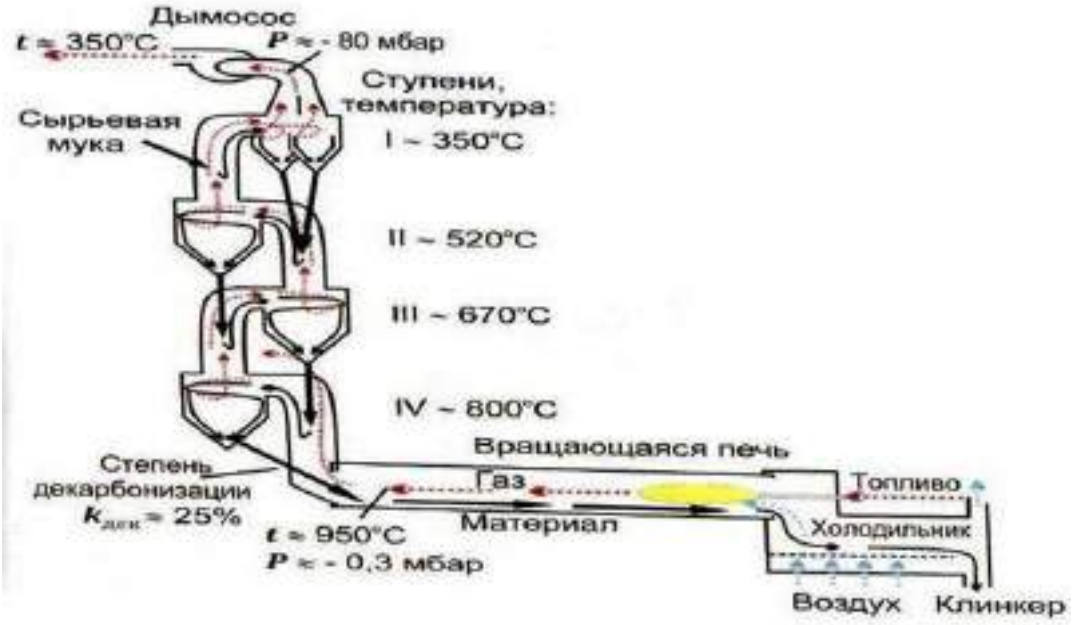


Рисунок 3.33 - Параметры газового и материального потока в печной системе с циклонными теплообменниками

Дальнейшее революционное развитие процесс обжига цементного клинкера получил с внедрением запечного декарбонизатора (рисунок 3.34).

Принцип нового решения заключается в том, что при сухом способе самая теплоемкая зона - зона декарбонизации, потребляющая до 60 % тепла, выносится из вращающейся печи в суспензионный теплообменник, где скорость теплообмена на несколько порядков выше, чем во вращающейся печи [7]. Это позволило уменьшить размеры вращающейся печи, создать установки с единичной мощностью до 10-12 тыс. тонн клинкера в сутки и увеличить производительность печи до 500 т/ч (рисунок 3.35).

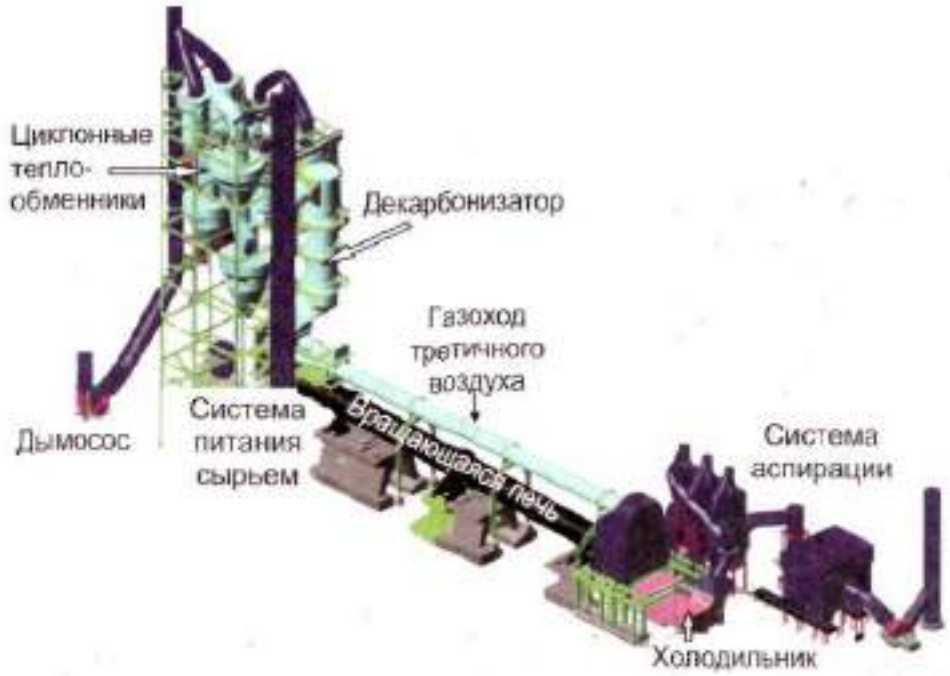


Рисунок 3.34 - Современная печь с декарбонизатором

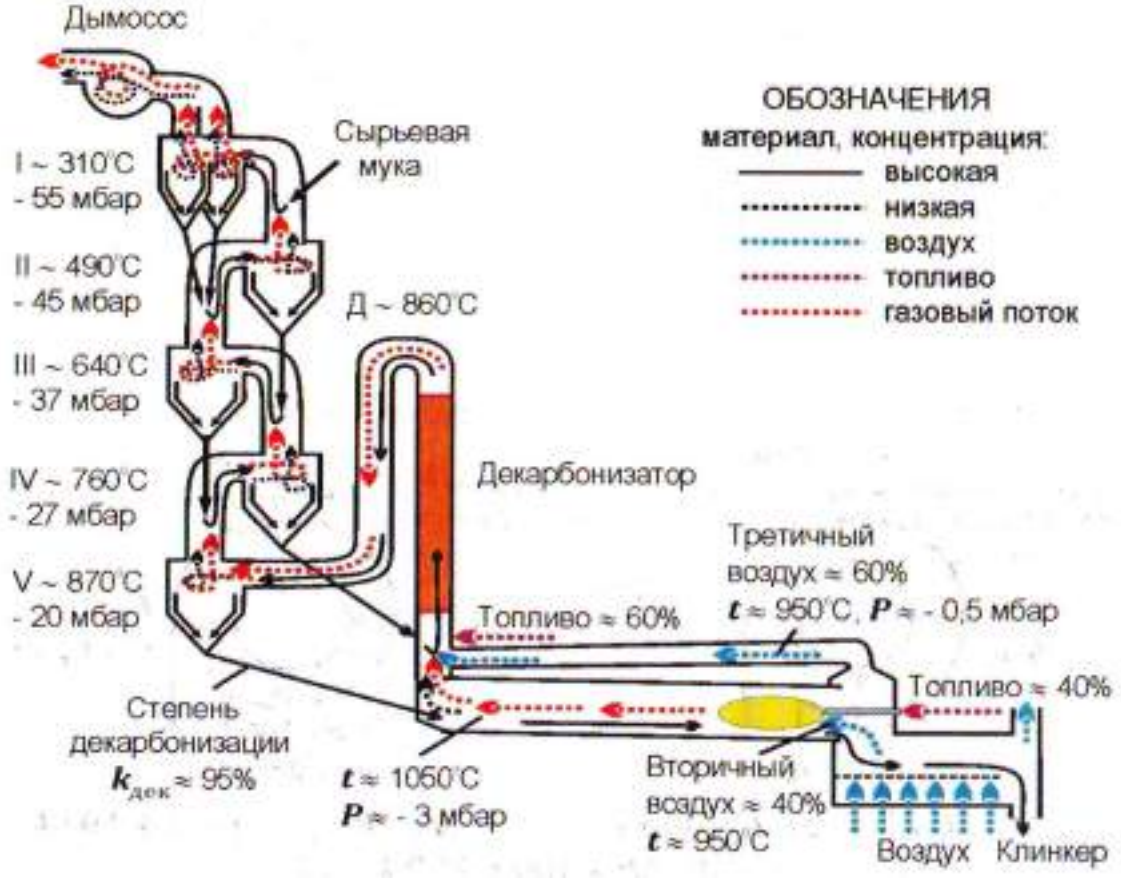


Рисунок 3.35 - Схема печного агрегата с циклонным теплообменником и декарбонизатором типа PYROCLON-R

В ТОО «Стандарт Цемент», ТОО «Каспий Цемент» установлены печи с одноветьевыми пятиступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизаторами с вращающейся печью Ø4х60 м производительностью 2500 т/сут.

На АО «Шымкентцемент», ТОО «Жамбыл Цемент» и ТОО «Гежуба Шиели Цемент» установлены печи с одноветьевыми пятиступенчатыми циклонными теплообменниками и декарбонизаторами с вращающейся печью Ø4,2х60 м производительностью 3400 т/сут.

На ТОО «Рудненский цементный завод» установлена печь производительностью 1500 т/сут. В ТОО ПО «Кокше-цемент» установлена печь производительностью 5500 т/сут размерами Ø5,25х62 м.

В ТОО «Стандарт Цемент» между ступенями циклонных теплообменников установлен декарбонизатор типа TTF, размером Ø 5600х44530 мм. Количество горелок – 4 штуки. В декарбонизаторе сжигается 55-64 % всего топлива.

3.1.9 Охлаждение клинкера

Клинкерный холодильник является неотъемлемой частью печной системы и сильно влияет на производительность и экономичность обжиговой установки, другими словами, термический КПД установки и, как следствие, воздействие производственной деятельности на окружающую среду.

Клинкерный холодильник выполняет две задачи: отобрать как можно больше тепла из горячего (1450 °C) клинкера, чтобы вернуть его в процесс, и снизить температуру клинкера до уровня, подходящего для оборудования, расположенного ниже по потоку.

Из зоны охлаждения вращающихся печей клинкер выходит с температурой 1100-1300 ^{0}С. Его необходимо резко охладить. Охлаждение клинкера оказывает существенное влияние на структуру, минералогический состав, размалываемость и, следовательно, на качество полученного из него цемента.

На цементных заводах Казахстана установлены три типа клинкерных холодильников:

- рекуператорные (планетарные), барабаны которых расположены по окружности выходного конца вращающейся печи;
- барабанные (трубчатые), расположенные на выходе и под вращающейся печью, часто в обратной конфигурации (такого типа холодильники на казахстанских заводах не устанавливались);
- колосниковые, где клинкер из печи подается на клинкерный слой, лежащий на воздухопроницаемой решетке, и охлаждение достигается за счет пропускания потока окружающего воздуха вверх через слой клинкера.

ПРОЕКТ DRAFT

Рекуператорные холодильники установлены на трех печах ТОО «Цементный завод Семей» и двух печах ТОО «Бухтарминская цементная компания». Коэффициент полезного действия (к.п.д.) рекуператорного холодильника 65-70 %. Температура клинкера на выходе из холодильника составляет 120-200 ^{0}С, вторичного воздуха, поступающего в печь при мокром способе до 500-650 ^{0}С. Эти холодильники просты в эксплуатации, отсутствует пылевыброс, не требуется дополнительного расхода электроэнергии. Недостатки: трудность регулирования количества воздуха, поступающего в печь, усложнение работы горячего конца вращающейся печи, неравномерная загрузка барабанов и их перегрев.

Колосниковые холодильники более эффективны и распространены. Охлаждение клинкера осуществляется просасыванием воздуха сквозь слой горячего клинкера. Колосниковые холодильники имеют колосниковую решетку, состоящую из отдельных колосников – палет, на которой слоем 150-300 мм распределяется горячий клинкер. Холодный воздух подается под решетку и проходит слой клинкера, охлаждая последний до 50-80 ^{0}С.

Передвижение клинкера по колосниковой решетке происходит за счет возвратно-поступательного движения подвижных колосников. Охлажденный клинкер, пройдя через молотковую дробилку 14 для измельчения крупных кусков, ссыпается в приемное устройство клинкерного транспортера 12. Избыточный воздух очищается от клинкерной пыли в циклоне 2 и вентилятором выбрасывается в атмосферу (рисунок 3.36).

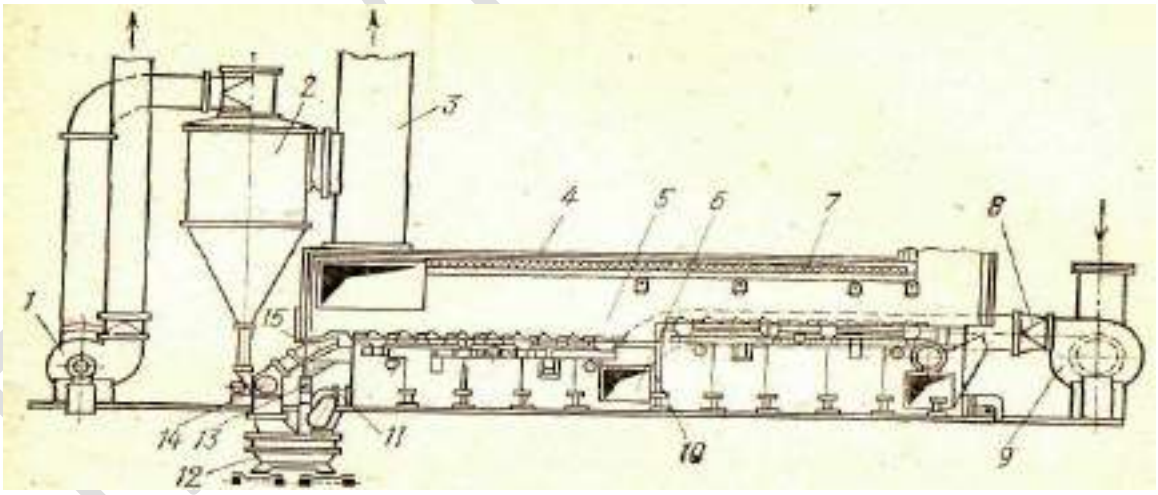


Рисунок 3.36 - Схема колосникового двухступенчатого переталкивающего холодильника типа «Волга»:
1- вентилятор; 2- циклон; 3- труба; 4- кожух холодильника; 5- первая (горячая) и вторая (холодная) колосниковые решетки; 6- воздуховоды; 7- футеровка; 8- трубопровод для подачи воздуха; 9- вентилятор; 10-межкамерная воздухонепроницаемая перегородка; 11-выход цепного транспортера; 12-бункер; 13-течка клинкера; 14-дробилка; 15-грохот

Холодильники «Волга» имеют производительность 25 т/ч. Время охлаждения 0,25-0,5 ч. Площадь решетки составляет от 41,5 до 157 м^2. Подвижные колосники совершают 6-18 ход/мин. К.п.д. колосниковых холодильников составляет 70-85 %.

Колосниковые холодильники имеют высокую удельную производительность (800-900 кг/(м^2·ч) и глубокое охлаждения клинкера до 50-80 ^{o}С. Колосниковые холодильники установлены на 1 печи ТОО «ПК «Цементный завод Семей», двух печах ТОО «Бухтарминская цементная компания», а также на заводах сухого способа, кроме ПО ТОО «Кокше Цемент».

Ригельные холодильники были установлены на двух печах ТОО «Sas-Tobe Technologies», но затем в 2019 г. были демонтированы.

В 2000-х гг. появилось новое поколение высокопроизводительных клинкерных холодильников, основанное на полностью новой концепции охлаждения клинкера. Основная идея этих холодильников основана на разделении систем продвижения клинкера и воздухораспределительной системы с целью их максимальной оптимизации.

В сравнении с обычным холодильником с возвратно-поступательным движением колосников в новом типе холодильников изолирующий колосники воздух не используется и распределение воздуха оптимизировано для всех используемых операций.

Основными особенностями этих типов холодильников являются:

- одна наклонная или горизонтальная закрепленная колосниковая решетка;
- клинкер транспортируется крестовиной, движущимся полом или похожими устройствами и отделён от системы распределения воздуха;
- устранено просыпание клинкера под решетку;
- устранен изолирующий воздух и добавлена система автоматического контроля распределения воздуха.

Холодильник PYROFLOOR фирмы KHD Humboldt Wedag состоит из ограждающего корпуса, колосниковой решетки, по которой передвигается клинкер, вентиляторов, продувающих воздух через слой клинкера, и аспирационной системы, для очистки и удаления избыточного воздуха в атмосферу (рисунок 3.37).

На ПО ТОО «Кокше Цемент» для охлаждения клинкера установлен холодильник SF (Smidth-Fuller) поперечина производительностью 5500 т/сут. Площадь колосниковой решётки составляет 139 м^2 (рисунок 3.38).

Особенность конструкции холодильника состоит в том, что клинкер перемещается с помощью ригелей, движущихся над неподвижными колосниковыми решетками, а потоком управляют с помощью механических регуляторов, имеющихся в каждой решетке.

DRAFT

Рисунок 3.37 - Принципиальная схема холодильника PYROFLOOR

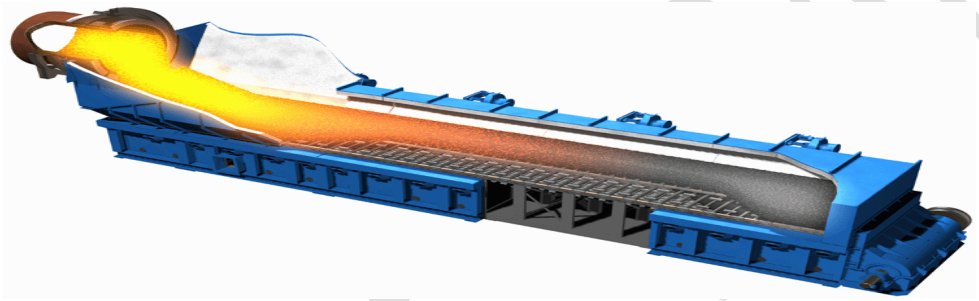


Рисунок 3.38 - SF холодильник с поперечиной

На ТОО «Стандарт Цемент» для охлаждения клинкера установлен колосниковый решетчатый холодильник ТС-1168 производительностью 2800 т/сут с дробилкой. Температура вторичного воздуха 970-1100 °С. После холодильника для обеспыливания воздуха установлены электрофильтры.

3.1.10 Клинкерные склады

Для хранения клинкера на цементных заводах Казахстана установлены склады различного типа и конструкции. На старых заводах мокрого способа производства клинкер хранится в крытых складах. Здесь же в отдельных отсеках хранятся дробленый гипсовый камень, гранулированные шлаки. Материалы загружаются в бункеры цементных мельниц грейферными кранами и при этом происходит пыление, пыль разносится по территории завода. На новых заводах сухого способа клинкер хранится в круглых, без центральной опоры (рисунок 3.39) и цилиндрических силосах (рисунок 3.40) различного размера и емкости в зависимости от мощности завода.

Рисунок 3.39- Круглые, без центральной опоры клинкерные склады

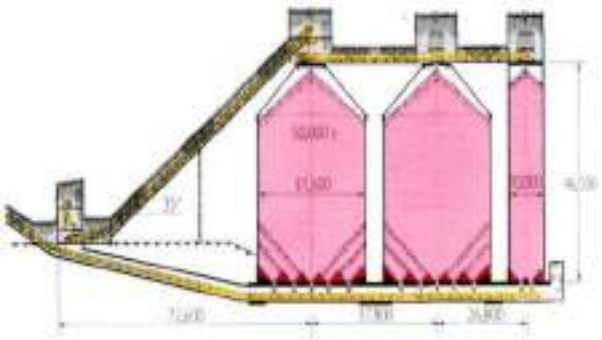


Рисунок 3.40 - Бетонные цилиндрические склады клинкера

Для улавливания образующейся пыли в местах перегрузки клинкера создают разряжение и устанавливают пылеулавливающие устройства.

Нестандартный клинкер (недостаточно обожженный клинкер) направляется в отдельный, меньший по размеру силос.

Силосы оборудованы приборами для измерения внутреннего уровня. Силос обеспыливается и собранная пыль направляется обратно в силос.

3.1.11 Помол цемента с добавками

Помол цементного клинкера является важной и, в то же время, последней технологической операцией в процессе производства цемента. От этой операции в значительной степени зависит качество цемента. Технология помола цемента ставит своей задачей получение высокопрочного вяжущего материала с минимальными энергозатратами.

На старых заводах мокрого способа ТОО «ПК «Цементный завод Семей», ТОО «Бухтарминская цементная компания», ТОО «Sas-Tobe Technologies» и в цехе «Помол – 1» АО «Central Asia Cement» установлены двухкамерные трубные шаровые мельницы Ø2,6х13 м, Ø3х14 м или Ø3,2х15 м производительностью 25, 40 и 42-50 т/час. В цехе «Помол цемента» АО «Шымкенцемент» установлены двухкамерные трубные шаровые мельницы Ø2,6 х13 м (4шт- 28 т/час) и Ø3х14 м (3шт- 45 т/час). Типоразмеры и производительность цементных мельниц приведены в таблице 3.2. Питание мельниц осуществляют как устаревшим объемным методом с помощью тарельчатых питателей, так и с помощью весовых ленточных питателей. На этих заводах транспортировка цемента в силосы осуществляется с помощью пневмокамерных насосов. В АО «Central Asia Cement» в цехе «Помол – 2» установлены 4 цементные мельницы Ø4х13,5 м производительностью по 90 т/час производства «Волгоцеммаш».

Трубная мельница представляет собой горизонтально расположенный вращающийся цилиндрический барабан (рисунок 3.41).

ПРОЕКТ DRAFT

Процесс помола и его качественные характеристики (тонкость помола, удельная поверхность цемента) зависят от формы, размеров, ассортимента и степени износа, целостности внутренних элементов мельницы.

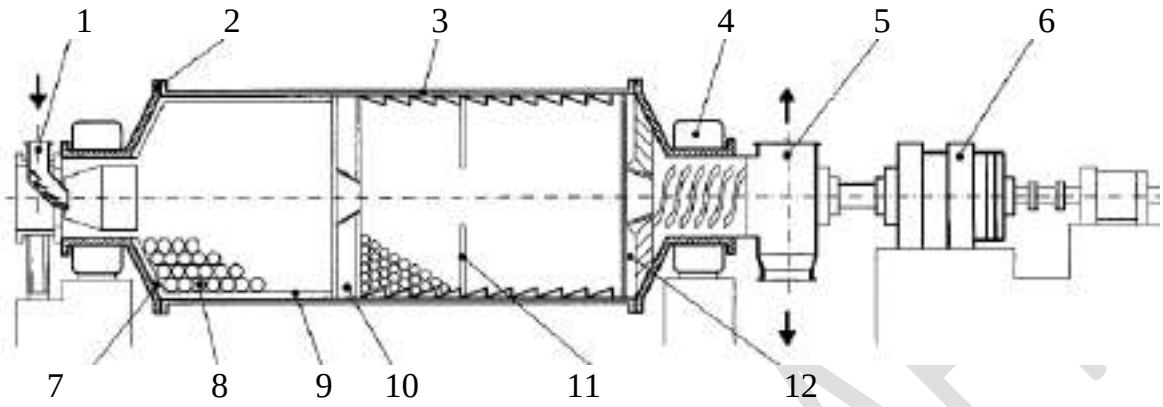


Рисунок 3.41 - Трубная мельница:
Внешние элементы мельницы: 1 –питатель; 2 –торцевое днище; 3 –корпус (барабан); 4 –опорный подшипник; 5 –разгрузочное устройство; 6 –привод.
Внутренние элементы мельницы: 7-торцевые бронеплиты; 8 –мелющие тела; 9 –корпусные бронеплиты; 10 –междукамерная перегородка (диафрагма); 11 –задерживающее кольцо; 12 –разгрузочная перегородка (диафрагма)

В основе действия трубной мельницы, представляющей собой вращающийся барабан, частично заполненный мелющими телами (стальными шарами и стальными цилиндрами – цильпебсами), лежит ударная работа падающих мелющих тел. При вращении барабана находящиеся в нем мелющие тела под действием центробежной силы прижимаются к телу барабана и вращаясь вместе с ним, поднимаются на определенную высоту. На этой высоте под действием силы тяжести, они отрываются от барабана и падают вниз. Кроме свободного падения, отдельные шары скатываются и вся масса или часть шаров скользит. Скатываясь или скользя, шары захватывают материал и измельчают его истиранием.

При работе мельницы, особенно при сухом помоле, подшипник может сильно разогреться от проходящего через цапфу горячего материала. Температура выходящего из мельницы цемента достигает 100-150 ^{o}C. Происходит также нагревание подшипников от трения, особенно в случае попадания пыли. Для охлаждения подшипников предусматривается их водяное охлаждение.

На производительность трубной мельницы влияют следующие факторы:

- размалываемость материала (твердость);
- крупность питания материалом;
- тонкость помола готового продукта;
- ассортимент и масса мелющих тел;
- конструкция и размеры мельницы;

- используемая технология помола (открытый или замкнутый цикл, интенсификаторы помола, пресс-валки и др.) [7].

В процессе работы мельницы происходит износ мелющих тел и бронефутеровки. На помол 1 т цемента расходуется примерно 0,5-0,7 кг мелющих тел и 25-40 г бронефутеровки. Первоначальный коэффициент загрузки камер мелющими телами, равный 0,25-0,35 постепенно снижается, масса мелющих тел уменьшается, что приводит к снижению производительности мельницы. Поэтому через 180-200 час работы производят догрузку, а через 1800-2000 час полную перегрузку мелющих тел. Для этого мелющие тела выгружают, сортируют и заново загружают по рецепту.

Помол клинкера может производиться в открытом и замкнутом цикле. При помоле в открытом цикле весь материал, поступивший в мельницу, выходит из нее в виде готового продукта и нельзя достигнуть высокой удельной поверхности, энергозатраты на помол увеличиваются, так как в мельнице накапливается значительное количество тонких фракций. Материал движется по мельнице со скоростью 0,5-0,8 м/с, время помола при открытом цикле составляет в среднем 15-20 мин.

Готовый цемент имеет широкий диапазон крупности, что ухудшает его свойства. В открытом цикле цементы обычно измельчают до удельной поверхности не более 300 $м^2$/кг. Для достижения более высокой удельной поверхности необходимо в процессе помола отделять мелкие частички, т. е. применять замкнутый цикл помола. При этом измельчаемый материал проходит через сепаратор, где отделяется мелкая фракция, являющаяся готовым продуктом, а крупная фракция возвращается в мельницу. Благодаря своевременному удалению мелкой фракции из мельницы готовый продукт более однороден по гранулометрическому составу, содержит значительно меньше крупных фракций, которые остаются в цементном камне балластом и почти не влияют на прочность. Измельчение клинкера в замкнутом цикле можно осуществлять по двум схемам. Технологическая схема помола цемента в замкнутом цикле и расход электроэнергии по отдельным агрегатам приведена на рисунке 3.42.

На новых заводах сухого способа помол цемента осуществляют как в трубных шаровых мельницах иностранных фирм, так и в вертикальных валковых мельницах. На 1 технологической линии ТОО «Стандарт Цемент» помол цемента осуществляется в двух двухкамерных мельницах размерами Ø4,2х13 м производительностью 150 т/час. Установлен сепаратор TESu-290 производительностью 105-185 т/час. До мельницы установлен роликовый пресс типа TPR140-120 производительностью 550-600 т/час, крупность сырья не более 35 мм. Для очистки воздуха от пыли установлен рукавный фильтр типа LPF-8/16/2x1, объем поточного газа 210000 $м^3$/час. Запыленность входящего газа 1000 г/$м^3$, после очистки 30 мг/$нм^3$. Готовый цемент транспортируется через аэрожелобы и ковшовым элеватором подается в

цементные силоса. Для хранения цемента установлены 4 силоса Ø15х38 м, емкостью 26000 т.

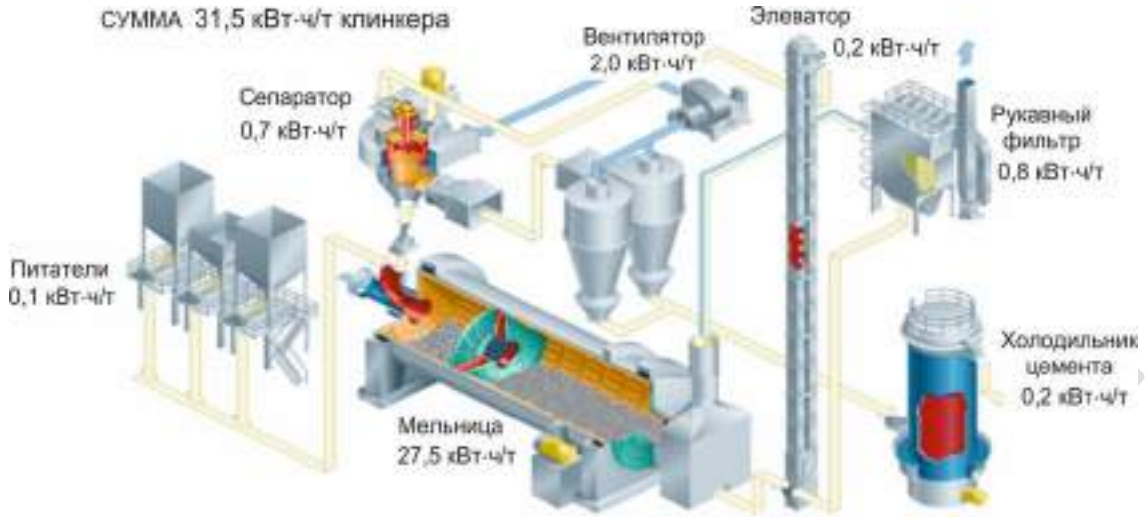


Рисунок 3.42 - Расход электроэнергии по отдельным агрегатам при замкнутой схеме помола цемента

В ТОО «Каспий Цемент» установлена сепараторная мельница Ø4,6х14,5 м производительностью 110 т/час. Цемент хранится в 4-х железобетонных цилиндрических силосах Ø18х55 м емкостью по 10000 т.

В ТОО «Жамбылская цементная производственная компания» для помола цемента установлены 3 трубные мельницы Ø4,2х13м производительностью по 84 т/час. Цемент хранится в 4-х силосах емкостью по 6000 т.

В ТОО «Компания Гежуба Шиели Цемент» помол цемента производится в 3 мельницах Ø3,8х13,5 м производительностью по 76 т/час. Цемент хранится в 4-х силосах емкостью по 6000 т. На других заводах помол и хранение цемента осуществляются примерно аналогично.

В АО «Central Asia Cement» для помола цемента, его хранения, упаковки и отгрузки задействованы мощности как старого, так и нового завода. Силосный склад состоит из 16 силосов для цемента, относящихся к цеху «Помол цемента 1» и 8 цементных силосов цеха «Помол цемента 2». В цехах установлены упаковочные машины биг-бэг и ротационные 14-мундштуковые упаковочные машина для тарирования цемента по 50 кг. Для хранения и отгрузки цемента задействовано 16 силосов емкостью по 2200 т и 8 силосов полезной емкостью по 4000 т каждый.

В ТОО «Стандарт Цемент» в цехе помола для предварительного измельчения клинкера перед трубной цементной мельницей установлен пресс-валковый измельчитель (роллер-пресс) (рисунок 3.43). Измельчение материала в роллер-прессе производится между двумя валками, вращающимися навстречу друг-другу.

ПРОЕКТ

На всех заводах часть цемента тарируют в 50 кг мешки и 1 тонные контейнеры «Big-Beg».

Отгрузка продукции потребителям осуществляется железно-дорожным или автомобильным транспортом (рисунок 3.44). Только в ТОО «ПК «Цементный завод Семей» на расположенный рядом шиферный завод необходимое количество специального цемента перекачивается по трубам.

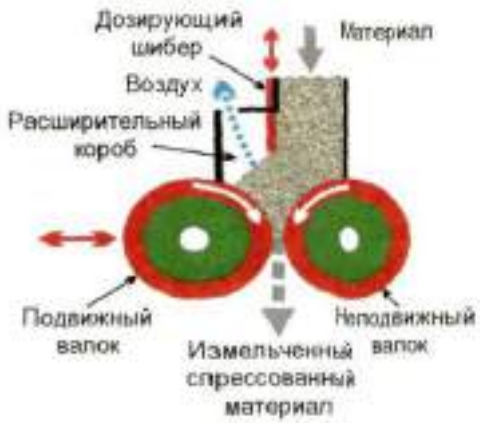


Рисунок 3.43 - Принцип работы роллер-пресса

Рисунок 3.44 – Автоцементовоз и вагон-хоппер для транспортировки цемента

3.2 Производство извести

Известью называют продукт обжига до воз¬можно полного выделения углекислого газа чистых или доломитизированных известняков, не содержащих значительных примесей глинистых.

Известь получают обжигом известняка или мела. Применяется она в металлургии, для приготовления кладочных и штукатурных растворов, ячеистых и плотных силикатных бетонов, смешанных вяжущих материалов, для изготовления силикатного кирпича и производства строительных работ. Строительная известь состоит преимущественно из оксида кальция. Обжиг известняка производится в шахтных, вращающихся и других печах при температуре 1000-1100 °С.

Производство строительной извести состоит и следующих операций: добыча сырья, дробление, дробление и подготовка топлива, обжиг извести, помол извести, гашение, упаковка. Технологическая схема производства

PROJECT DRAFT

негашеной комовой извести приведена на рисунке 3.45, а внешний вид завода по производству строительной извести – на рисунке 3.46.

Известняк на карьере добывают открытым способом, экскаваторами грузят на автосамосвалы. Размер кусков известняка, подаваемого на обжиг, зависит от типа печи. В шахтные печи подают куски известняка размерами 60-200 мм, во вращающиеся печи щебень размерами 5-20 или 20-40 мм. Твердые известняковые породы дробят в щековых дробилках, мягкий мел – в зубчатых валковых дробилках. Для более полного использования сырья (чтобы не было отходов) крупные куски обжигают в шахтной печи, а мелкие - размером 5-40 мм – во вращающейся печи (рисунок 3.47).

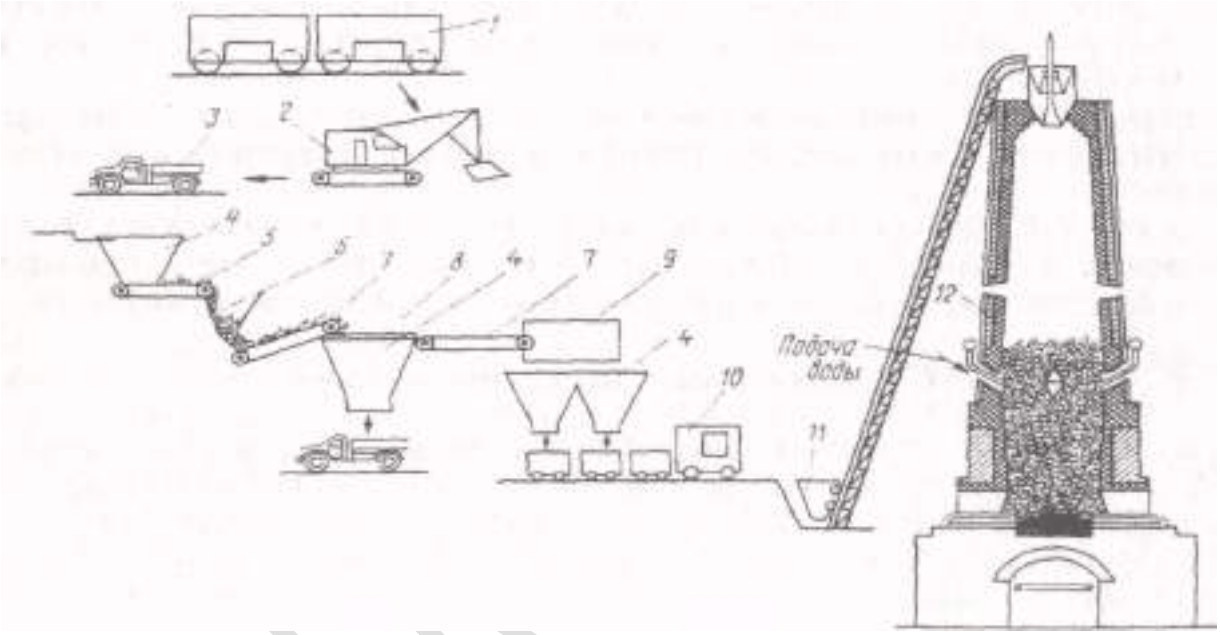


Рисунок 3.45 - Технологическая схема производства строительной извести: 1-вагоны с известняком; 2-экскаватор; 3-автосамосвал; 4-бункер; 5-питатель; 6-щековая дробилка; 7-конвейер; 8-грохот; 9-цилиндрический грохот; 10-вагонетка; 11-скиповый подъемник; 12-шахтная печь

Рисунок 3.46 – Завод по производству строительной извести

Обжиг - основной технологический процесс, поэтому реакция диссоциации углекислого кальция является важнейшей. Диссоциация происходит по реакции:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 - 1780 \text{ кДж/кг}$$

Диссоциация $CaCO_3$ является обратимой реакцией, которая осуществима при определенной температуре и давлении углекислого газа. Кроме этих двух факторов третьим является размер кусков карбоната.

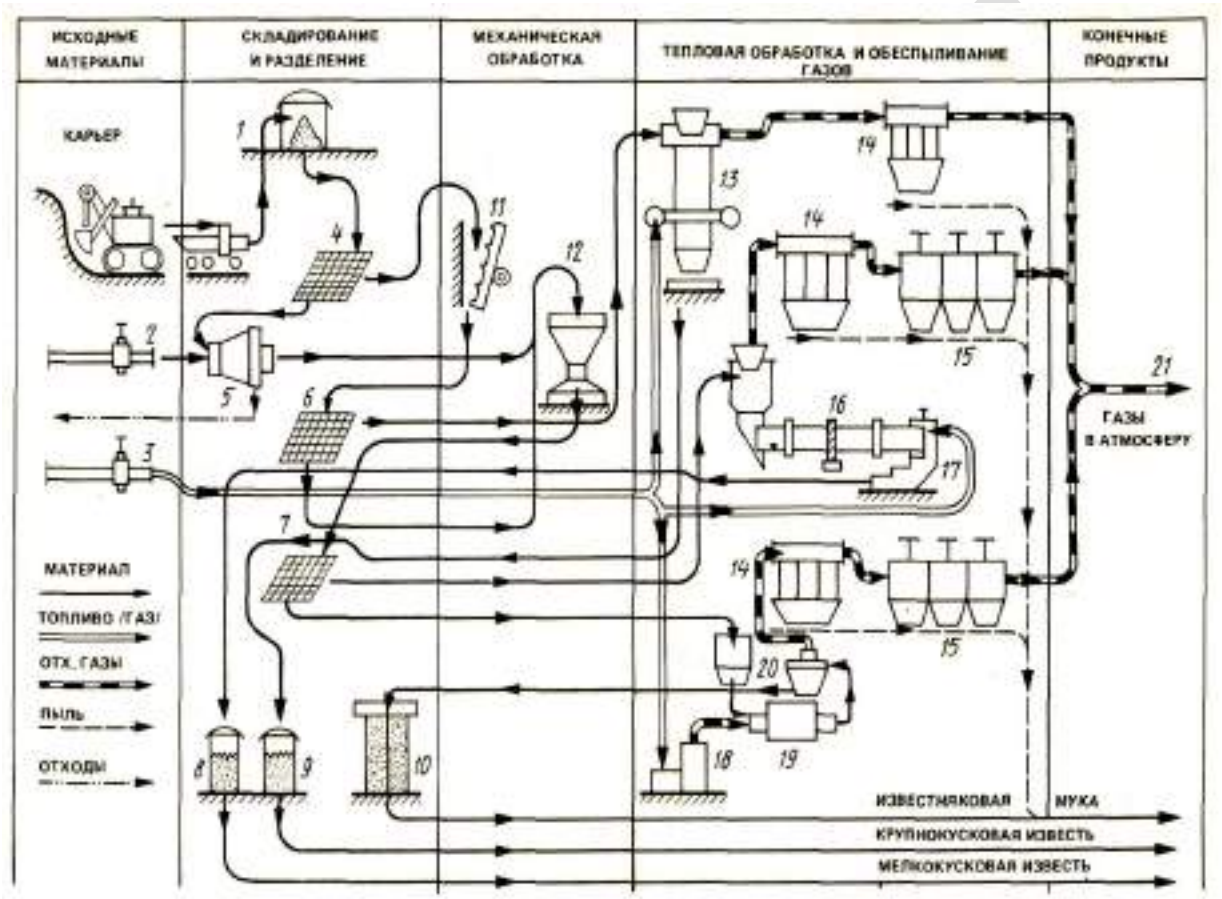


Рисунок 3.47 - Технологическая схема производства крупнокусковой, мелкокусковой строительной извести и известняковой муки*

* - 1-склад сырья; 2- подача технологической воды; 3- подача газа; 4- грохот (120-180 мм); 5- машина промывки известняка; 6 - грохот 80 мм; 7- сито 20 мм; 8 - силос обожженного мелкокускового известняка из вращающейся печи; 9 - силос обожженного крупнокускового известняка из шахтной печи; 10 - силос известняковой муки; 11- щековая дробилка 120...180 мм; 12- конусная дробилка 40 мм; 13 - шахтная печь; 14-циклон пылеуловитель; 15- электрофильтр; 16 - вращающаяся печь, снабженная теплообменником; 17- холодильник извести; 18 - топка мельницы для помола известняка; 19 - сепараторная мельница для помола известняковой муки; 20-проходной сепаратор; 21- выброс очищенных газов

Считают, что при диссоциации давление углекислого газа достигает 1 атм при температуре 880-920 °С. Несмотря на кажущуюся простоту, обжиг

известняка является достаточно сложным процессом. Существует оптимальная скорость нагрева и температура обжига для каждой разновидности сырья. Рекомендуется постепенное увеличение температуры до значений, при которых диссоциация завершается без последующей выдержки. Трещины, минеральные включения способствуют активной диссоциации, так как увеличивают поверхность. Выделить CO_2 из камня полностью не удается из-за слабой поверхностной адсорбции углекислоты - рекарбонизации. Поэтому активность получающейся извести не превышает 95-97 %.

Обжиг известняка осуществляют преимущественно в шахтных и вращающихся печах. Выбор типа печи определяют свойства сырья, применяемое топливо (уголь, газ, мазут), необходимая производительность.

Шахтные печи бывают трех типов:

- шахтные пересыпные печи – известняк и топливо загружают вперемежку слоями;
- шахтные газовые (мазутные) печи;
- печи с выносными топками, расположенными вне шахтной печи.

Печь состоит из шахты, в которой осуществляется обжиг, загрузочного и выгрузочного приспособлений, вентиляторов для отсоса отходящих газов и подачи воздуха в печь. Внутренняя часть печи отфутерована шамотным огнеупором, имеется теплоизоляция.

В верхней части печи отходящие газы почти не содержат кислорода, поэтому желательно применять топливо с минимальным содержанием летучих: тощие сорта угля, кокс, антрацит. Выгорание угля должно соответствовать продолжительности обжига известняка. Если размер частиц угля будет слишком крупным, то уголь не успеет сгореть и при выгрузке из печи на транспортере будут попадаться куски кокса, примешиваясь к готовой извести, загрязняя ее и увеличивая потери топлива. Слишком мелкие частицы топлива выгорят прежде, чем основная масса кусков известняка успеет обжечься. Крупные куски известняка в центральной части будут не обожжены. Загрузочное устройство обеспечивает поступление наиболее крупного камня с углем в центральную часть печи, более мелкого - по периферии. Дымосос удаляет отходящие газы из печи и направляет их в циклон для очистки. Условно шахту по высоте делят на три зоны: зона сушки и подогрева, обжига и охлаждения (рисунок 3.48).

В первой зоне известняк и топливо высушиваются, испаряется вода, идет подогрев камня до температуры диссоциации. В зоне обжига протекают основные реакции разложения карбонатов кальция и магния. В зону обжига снизу поступает подогретый воздух из зоны охлаждения, поэтому условия для сгорания топлива становятся оптимальными. Обожженные куски извести постепенно опускаются в зону охлаждения, где соприкасаются с холодным воздухом, поступающим от дутьевого вентилятора. Объем печи, занятый отдельными зонами, составляет: зона сушки и подогрева – 25-30 %, обжига – 50 %, охлаждения – 20 %. Выгрузка охлажденной извести осуществляется через

ПРОЕКТ

герметично перекрывающее низ печи шлюзовое устройство, предотвращающее потерю напора подаваемого на горение воздуха. Так, в нижней части печи создается давление, в верхней – разрежение.

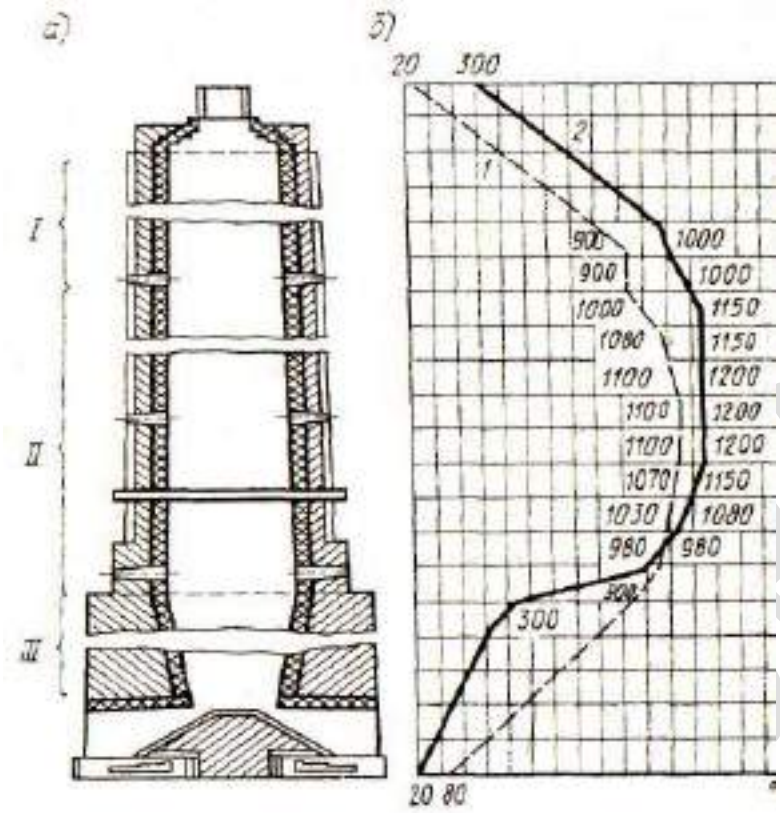


Рисунок 3.48 – Разделение шахтной печи на зоны (а) и изменение температурного режима (б):
1 – температура материала;
2 – температура горячих дымовых газов
I- зона подогрева;
II- зона обжига;
III- зона охлаждения

В пересыпных печах расход топлива составляет 12-18 % от массы получаемой извести или 3800-4970 кДж на 1 кг. Высота шахты изменяется от 10 до 28 м при диаметре до 6 м. Удельный съем извести с 1 м^3 внутреннего объема печи составляет от 500 до 1200 кг/м^3 в сутки.

Производительность печи зависит от ее диаметра и высоты, от размера загружаемых кусков известняка, работы тяго-дутьевых вентиляторов и составляет 30-200 т извести в сутки. На заводах съем клинкера с 1 м^2 поперечного сечения печи в пересыпных печах составляет 15-20 т/м^2 в сутки (рисунок 3.49).

Шихта шахтной известковой печи содержит 6,5-10 % топлива, остальные 93,5-90 % являются негорючей массой, поэтому в печи нет сплошного горящего слоя, а есть отдельные очаги горения, разобщенные кусками известняка. Повышение содержания CO в отходящих газах указывает на повышенную температуру и появление настыли. Замедление движения материала в печи в этот период будет способствовать «закозлению». В этом случае лучше снизить температуру в печи, уменьшая количество топлива и воздуха, поступающих в нее.

Появление CO в отходящих газах вызвано не недостатком воздуха, а ухудшенными условиями окисления топлива в зоне настылеобразования. Замедлять выгрузку готовой извести в таких условиях нельзя. Содержание только 1% CO в отходящих газах равносильно потере 6 % топлива.

Рисунок 3.49 – Шахтные известеобжигательные печи

Каким образом можно увеличить производительность шахтных пересыпных печей и как рационально осуществить контроль за их работой? Увеличение производительности возможно при сжигании в единицу времени повышенного количества топлива. Единовременно в шахтной печи удается сжечь больше топлива, чем в колосниковой топке, так как в шахте между кусками известняка находится больше топлива. Если расход условного топлива составит 16,5 % от массы извести, то в печи может находиться до - 4,5 т угля. При условии, что этот уголь поместили на колосники, слой угля достигает 1,1м, что в 8-9 раз превысит допустимую толщину слоя на колосниках топки. Средняя скорость распространения пламени в печи - 4 м/с, а в топке - 0,5 м/с. Следовательно, возможности форсирования обжига в шахтной печи очень велики.

Шахтные пересыпные печи установлены в ТОО «Силикат» г. Семей – 3 ед., АО «Арселлор Миттал Темиртау» и др.

Шахтные газовые печи. При обжиге на природном газе улучшается качество извести, повышается производительность печей, улучшаются условия труда. В печи диаметром менее 1,8 м газ поступает в горелки, введенные в проемы в стенках печей. Если диаметр печи больше, то необходимо подать газ в центральную часть печи через центральную горелку, устанавливаемую ниже уровня диаметрально расположенных металлических водоохлаждаемых балок.

При работе на природном газе важно равномерно распределить газ по поперечному сечению шахты. Газ поступает в пространство, образуемое нижней поверхностью водоохлаждаемой балки и откосом обожженной извести. Горение газа происходит выше его поступления на несколько метров.

Производительность газовых печей близка производительности пересыпных, но расход топлива в первых несколько больше: 14-20 % от массы извести**.**

В газовых печах газ подается в печь из горелок, расположенных по бокам печи и старается пройти вверх по стенкам печи. Материал по поперечному сечению печи вследствии этого равномерно не обжигается, особенно материал, расположенный в центре печи, обжигается недостаточно. Поэтому в газовых печах диаметр печи ограничивается и должен быть не более 1,8 м. Горелка не может подать газ в печь больше, чем на 0,9 м. Поэтому производительность газовых печей из-за ее небольшого диаметра низкая.

Газовые печи имеют производительность 15-200 т извести в сутки. Удельная объемная производительность печи по полезному рабочему объему составляет в сутки 500-900 кг/м^3, удельный съем извести с 1 м^2 поперечного сечения печи составляет в сутки – 9-16 т/м^2. Удельный расход топлива составляет 14-20 % или 4100-5900 кДж на 1 кг готовой продукции.

Шахтные газовые печи установлены в ТОО «Sas-Tobe Technologies» - 3 печи, АО «Западно-Казахстанская корпорация строительных материалов» г. Уральск – 2 печи и др.

Технические характеристики шахтных печей ТОО «Sas-Tobe Technologies» приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Технические характеристики шахтных печей ТОО «Sas-Tobe Technologies»

Тип печи	Тип 4-09-743, Росстромпроект	Типовой проект 409-22-17 Гипростроma
Количество	2	1
Год ввода в эксплуатацию	1962	1983
Производительность, т/сут	200	200
Внутренний диаметр шахты, м	4	4,3
Рабочая высота шахты, м	20	19
Внутренняя площадь поперечного сечения, м^2	12,36	13,6
Рабочий объем шахты, м^3	238	
Загрузочное устройство	Двухклапанное с поворотной чашей и конусным распределительным затвором	С поворотной чашей и конусом
Выгрузочный механизм	С движущимися каретками	С движущимися каретками
Температура отходящих газов -за печью, ºС -за дымососом -на выгрузке	 250-300 160-240 60-80	 250-300 160-240 60-80

Продолжение таблицы 3.3

ПРОЕКТ DRAFT

Тип печи	Тип 4-09-743, Росстромпроект	Типовой проект 409-22-17 Гипростроma
Состав отходящих газов, % CO_2 CO CH_4 H_2	14-16 0,1-0,15 0,12-0,18 0,13-0,2	14-16 0,1-0,15 0,12-0,18 0,13-0,2
Содержание активных CaO+MgO, % не менее	70-85	70-85
Выход извести, т/час	6,0	6,0
Топливо	Природный газ	Природный газ
Теплотворная способность, кДж/нм^3	9240	9240

Несмотря на низкую сортность извести, получаемой в шахтных печах, их продолжают строить с различными усовершенствованиями. Эффективность пересыпных шахтных печей объясняется самым низким расходом тепла на обжиг в сравнении с другими типами печей. Дорогое топливо и невысокие требования к извести предопределяют выбор шахтной печи. Кроме того, отходящие газы шахтных печей характеризует высокая концентрация CO_2, применяемого в химическом производстве. Шахтные печи гибки в управлении ввиду их небольших размеров, нуждаются в небольших капитальных затратах при сооружении.

Обжиг извести во вращающихся печах примерно в 5 раз короче. Температура извести, выходящей из печи, высокая, поэтому требуется установка холодильника: барабанного, рекуператорного или колосникового.

Вращающиеся печи в сравнении с шахтными имеют ряд преимуществ:

- высокая единичная мощность до 1000-1200 т/сутки;
- равномерный обжиг, высокая степень декарбонизации известняка, высокое качество извести (90-96 %);
- возможность обжигать мелкие фракции известняка;
- возможность обжигать мягкие породы (мел) высокой влажности;
- использование любых видов топлива.

Недостатками этих печей являются высокий удельный расход тепла, значительные капиталовложения при установке и высокая металлоемкость. Пылевынос из вращающихся печей высокий, достигает 10-15 % и требуется установка высокоэффективных пылеулавливающих устройств. В шахтных печах пылевынос незначительный.

Длина вращающихся печей составляет 30-110 м, диаметр 2,0-3,6 м. Уклон печи 3-5^0, скорость вращения 0,5-1,2 об/мин. Удельная производительность вращающихся печей составляет 500-900 кг/м^3 извести в сутки. Удельный расход топлива составляет 20-30 % от массы извести.

Во вращающиеся печи необходимо подавать фракции щебня известняка равномерного примерно одинакового размера. Разница в размере крупных и мелких кусков должна быть незначительной. Во вращающихся печах можно получить известь высокого качества, процесс можно полностью механизировать и автоматизировать. Однако, в таких печах большой объем выхода горячих дымовых газов и обусловленный этим высокий расход топлива и тепла, заставляют изыскивать пути экономии топлива, установки запечных теплообменных устройств.

Вращающаяся печь условно разделена на следующие зоны: сушки, где известняк теряет воду и нагревается до 110-120 °С; подогрева, где температура известняка повышается до 900 °С; декарбонизации, где газы нагреты до 1250-1300 °С и известняк диссоциирует на CO_2 и CaO.

С целью понижения потерь тепла с отходящими газами в холодном конце вращающихся печей навешиваются цепные теплообменники: цепи нагреваются уносящимися из печи газами, которые, погружаясь в относительно холодный материал, передают это тепло известняку. Охлаждение извести происходит в холодильнике колосникового или рекуператорного типа.

Печь заполнена материалом приблизительно на 10-12 %. Материал при движении подвержен сегрегации: крупные куски находятся на поверхности и в слое, прилегающем к стенкам печи, а в центре группируются наиболее мелкие фракции. Поэтому крупные куски могут иметь пережог, а мелкие - недожог. Рекомендуется вести обжиг узких фракций в разных печах, например: 13-35 и 35-60 мм. Обжиг более мелких фракций вызывает образование колец. При движении во вращающихся печах поверхность кусков известняка и извести истирается значительнее, чем в шахтной печи. Известняки, хорошо обжигающиеся и не образующие пыли в шахтной печи, при обжиге во вращающейся могут превращаться в порошок. Это обстоятельство и высокие скорости газового потока увеличивают пылеунос из печи до 10-12 %.

Для обжига извести более экономичны печи с теплообменниками. Короткая печь с расположенным снаружи теплообенником приведена на рисунке 3.50. Разработаны самые различные конструкции внешних теплообенников известеобжигательных вращающихся печей.

Данный тип теплообменника установлен за печью размерами 4,6х53,6 м производительностью 750 т/сут. Удельный расход тепла составляет примерно 5000 кДж/кг. Рабочее пространство теплообменника «Полигон» разделено на 14 камер, в каждой имеется плунжерный толкатель, который сбрасывает подогретый известковый камень. В верхней части расположен бункер, Он непрерывно наполняется материалом для питания подогревателя. Холодный внешний воздух не попадает внутрь. Температура дымовых газов из печи, поступающих в подогреватель, составляет 900-1000 °С, а температура на выходе примерно 350 °С.

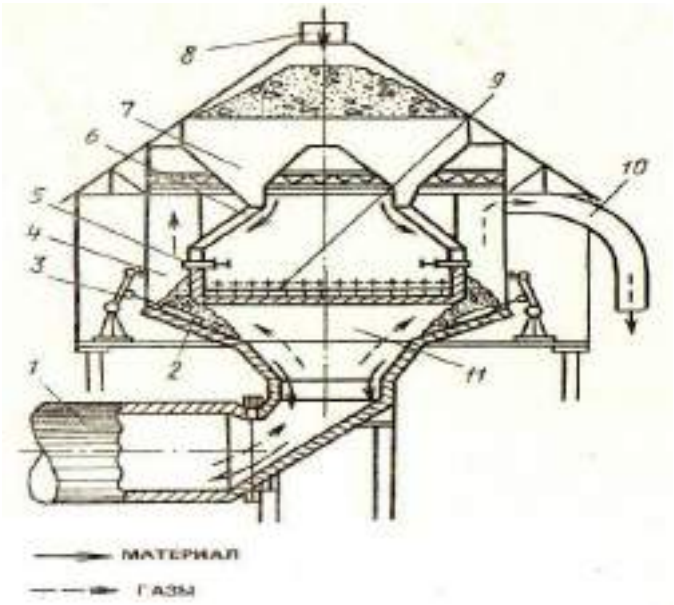


Рисунок 3.50 - Подогреватель известняка фирмы «Полигон» (Германия):
1-вращающаяся печь;
2-плунжерный толкатель;
3- гидросистема толкателя;
4- рабочее пространство теплообменника; 5-винт;
6- течка бункера; 7-сырьевой бункер; 8- подача сырья;
9-заслонка; 10- труба выхода газов; 11- конус подачи газов

Материал подогревается до 800 ºС. Во вращающихся печах, не имеющих подогревателей, внутри печи как и в клинкерообжигательных печах устанавливают для улучшения теплообмена цепные завесы. Наиболее эффективны цепи из жаростойких сталей. Их рабочая температура составляет до 900 ºС. Для охлаждения горячей строительной извести устанавливают одно- и многобарабанные холодильники. Наряду с барабанными холодильниками необходимо устанавливать устройства для более полного использования тепла отходящих дымовых газов.

Вращающиеся печи установлены в АО «Арселлор Миттал Темиртау», АО «Западно-Казахстанская корпорация строительных материалов» г. Уральск – 1 печь размерами Ø2,5х75 м с годовой производительностью 45 000 тонн и суточной 136 т/сут извести 3 сорта.

Другой тип печей - карусельные печи, в небольшом объеме используют в металлургической промышленности.

ПРОЕКТ DRAFT

4 ОБЩИЕ НДТ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И/ИЛИ СОКРАЩЕНИЯ ЭМИССИЙ И ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Производство цемента и извести может осуществляться различными способами, различающимися потреблением тепла (топлива), энергии и природных материальных ресурсов. Сам процесс производства сопровождается эмиссией в окружающую среду различных веществ и факторов, оказывающих негативное влияние на экологию: пыли, вредных и токсичных газов, соединений металлов, органических веществ, шума, запаха и т.п.

4.1 Техники для предотвращения выбросов в атмосферный воздух

4.1.1 Введение

Основными выбросами в производствах цемента и извести являются выбросы в воздух из печной системы. Это происходит вследствие физико-химических реакций, происходящих с сырьевыми материалами, а также при горении топлива. Главными составляющими отходящих газов цементной печи являются оксиды азота из воздуха, участвующего в горении топлива (тепловые NOx) и топливные соединения, содержащие азот, CO_2, образующийся при разложении $CaCO_3$ и сгорании топлива, пары воды, появляющиеся в процессе сжигания топлива и из сырьевых материалов, избыток кислорода, химические соединения (например, диоксид серы) и твердые частицы (пыль).

Во всех печных системах обжигаемый материал движется противотоком (навстречу) по отношению к топочным газам. Этот противоток влияет на величину выбросов, так как образуется своего рода кипящий слой. Многие компоненты, которые образуются при горении топлива и при превращении сырьевых материалов в клинкер, остаются в газовой фазе до тех пор, пока они не адсорбируются или конденсируются на движущемся материале.

Адсорбционная емкость материалов изменяется с изменением физико-химического состояния. Она зависит от положения внутри печной системы. Например, материал, покидающий зону декарбонизации, имеет высокое содержание оксида кальция и поэтому высокую адсорбционную емкость, особенно для кислотных соединений, таких, как HCl, HF и SO_2.

Имеются также выбросы пыли из других источников, таких, как, пыль при помоле и при разгрузке сырьевых материалов, твердого топлива и продукта - цемента. Потенциально выбросы пыли возможны из любых точек складирования сырьевых материалов и твердого топлива, их транспортирования, включая погрузку цемента. Колебания величин этих выбросов могут быть значительными и если эти аспекты не учитываются конструкцией агрегата или установки, они могут привести к неприятным проблемам.

В целях единообразия и соответствия европейским данным все данные по выбросам загрязняющих веществ должны быть приведены к стандартным

DRAFT

условиям, т.е. сухому газовому потоку при температуре 273 К и давлении 101,3 кПа при определенном (референтном) содержании кислорода O_2, об.%. Если фактическое содержание кислорода в газовом потоке отличается от референтного, то пересчет концентрации выбросов в стандартное состояние осуществляется по формуле:

$$C_{станд.} = C_{изм.} \frac{21 - O_{реф.}}{21 - O_{факт.}},$$

где $C_{изм.}$ и $C_{станд.}$ – концентрация выбросов загрязняющих веществ, соответственно измеренная в потоке и при стандартном состоянии, мг/нм^3;

$O_{факт.}$ – фактическая концентрация кислорода в потоке в момент измерения, об.%;

$O_{реф.}$ – референтная концентрация кислорода, об.%: при производстве цемента $O_{реф.}$= 10 %; при производстве извести $O_{реф.}$= 11 %.

4.1.2 Техники предотвращения и / или уменьшения выбросов пыли

Традиционно выделения пыли, особенно из дымовых труб (или направляемые выбросы пыли), являются одной из главных проблем для окружающей среды при производстве цемента. Главными источниками выделения пыли являются процесс приготовления сырьевых материалов, установки по измельчению и сушке, процесс обжига клинкера (печи и холодильники), подготовка топлива и установки для помола цемента (мельницы). Вспомогательные процессы на цементном заводе также могут привести к выделению пыли независимо от использования или не использования отходов.

Во всех процессах производства цемента большой объем газов проходит через пылящий материал. В случаях, подобных дроблению, помолу и отгрузке оборудование работает под небольшим разряжением, и эти источники обычно оборудованы рукавными фильтрами. Конструкция и надежность современных электрофильтров и рукавных фильтров обеспечивают снижение пылевыделения до уровня, при котором они не являются значимыми.

Выбрасываемая пыль характеризуется разной дисперсностью. Согласно [32], при использовании электрофильтра в выбрасываемой пыли содержится до 90 % фракции менее 10 мкм (PM_{10}) и около 50 % фракции менее 2,5 мкм ($PM_{2,5}$).

Выбросы тонкодисперсной пыли, состоящей из частиц размером менее 10 и 2,5 мкм, появляются в виде твердых веществ или аэрозолей. Такой тип пыли является результатом серии физико-химических реакций, например взаимодействием оксидов азота, серы и аммиака, реагирующих с образованием сульфатов и нитратов аммония. Эти частицы оказывают серьезное влияние на здоровье человека. В цементной промышленности частицы размером 10 и 2,5 мкм могут появляться в процессе обжига и охлаждения, однако и вспомогательные процессы могут также привести к образованию

тонкодисперсной пыли. Основная часть тонкой пыли может быть снижена путем снижения общего количества пыли. Заводы, оборудованные высокоэффективными обеспыливающими системами, содействуют относительно образованию малого количества тонкодисперсной пыли.

Все выбросы пыли подразделяются на неорганизованные и организованные.

4.1.2.1 Выбросы пыли на цементных заводах

На цементном заводе имеются различные источники организованных выбросов пыли: печи, клинкерные холодильники и мельницы для помола сырьевых материалов, цемента и угля, а также вспомогательное оборудование. Основная часть пыли выбрасывается в атмосферу из вращающихся печей для обжига портландцементного клинкера. Однако методы и принципы снижения выбросов пыли из вращающихся печей применимы и для других источников организованных выбросов пыли.

Основными обеспыливающими установкам, применяемыми в цементной промышленности, являются рукавные фильтры, электрофильтры или их сочетание – так называемые гибридные фильтры.

Электрофильтры и рукавные фильтры имеют свои преимущества и недостатки (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Обзор технических решений для контроля выбросов пыли в цементном производстве [2]

Технические решения	Применимость	Выбросы, мг/нм^3 1) *)	Стоимость 2)	
			Инвестиции, млн евро	Эксплуата-ционные, евро/ т клинкера
Электрофильтры	все печные системы	10* - < 20	2,1 - 6,0	0,1 - 0,2
	клинкерные холодильники	10* - < 20	0,8 - 1,2	0,09 - 0,18
	цементные мельницы	< 10*	0,8 - 1,2	0,09 - 0,18
Рукавные фильтры	все печные системы	< 10	2,1 - 6,0	0,15 - 0,35
	клинкерные холодильники	< 10	1,0 - 1,4	0,1 - 0,15
	мельницы (сырьевые, цементные, угольные)	< 10	0,3 - 0,5	0,03 - 0,04
Гибридные фильтры	все печные системы, клинкерные холодильники, цементные мельницы	< 10 - 20		

1) Для печных систем, обычно относящихся к среднесуточным значениям сухого газа, 273K, 101,3 кПа и 10% O_2.

2) Затраты в 2010 г.

*) Уровни выбросов пыли около 10 мг / нм^3 достигаются только с модернизированными или

увеличенными электрофильтрами.

В период нормальной работы оба вида пылеуловителей работают с высокой эффективностью. В специальных условиях, когда имеется повышенная концентрация CO, вызванная неожиданные осложнения в работе печи, включением-выключением печи из-за подачи или прекращения питания из сырьевой мельницы, эффективность работы электрофильтра значительно снижается, в то время как эффективность рукавных фильтров подвержена воздействию этих факторов в меньшей степени.

Электрофильтры генерируют постоянное электрическое поле между двумя типами электродов: отрицательно заряженным коронирующим и положительно заряженным осадительным. Благодаря высокой напряженности электрического поля вблизи коронирующего электрода образуются отрицательно заряженные ионы, которые адсорбируются частицами пыли, движущимися в воздушном потоке. Частицы становятся отрицательно заряженными и мигрируют к положительно заряженным осадительным электродам, на которые и оседают. Осадительные электроды за счёт периодического встряхивания или вибраций высвобождают осевшую на них пыль, которая падает вниз, в бункер-коллектор. Циклы встряхивания электродов оптимизируются, чтобы минимизировать унос пыли и тем самым довести до минимума пылевынос.

Электрофильтры характеризуются способностью работать при высокой температуре (вплоть до 400 ºC) и высокой влажности обеспыливаемых газов. Качество работы электрофильтров зависит от различных эксплуатационных параметров, таких как влажность и химический состав газа и частиц пыли, скорость газового потока, распределение частиц по размерам, электрическое сопротивление частиц, начальная запыленность и температура газа, напряженность электрического поля, площадь и форма электродов, содержание влаги в осаждаемой пыли и т.д.

Работа электрофильтра может быть ухудшена при образовании наростов материала на электродах и, как следствие, за счёт снижения напряжённости электрического поля. Это может случиться при наличии в печи большого количества хлоридов и сульфатов или избыточного содержания летучих органических соединений (ЛОС) в сырье, образующих со щелочными металлами субмикроскопические частицы пыли (0,1-1 мкм), имеющие высокое удельное сопротивление (1012-1013 Ом/см), которые оседают на электродах, снижая электропроводность газа и затрудняя удаление пыли. Проблемы высокого сопротивления могут быть частично решены за счёт впрыскивания воды в башню для кондиционирования дымовых газов.

Электрофильтры большого размера совместно с системой кондиционирования (увлажнения) обеспыливаемых газов при оптимизации режима работы могут снизить среднемесячное пылевыделение до 5-15 мг/нм^3. Проектная эффективность обеспыливания в таких электрофильтрах - выше 99,99

%, поэтому выбросы пыли имеют небольшую величину, всего несколько мг/нм^3. Электрофильтры весьма эффективны для улавливания ультра мелких частиц (< 0,5 мкм), способных агломерироваться.

Потребление электрической энергии электрофильтров растёт экспоненциально со снижением содержания пыли в очищенном газе. Оптимальная работа электрофильтра зависит от температуры и влажности обеспыливаемого газа. Продолжительность работы электрофильтра может достигать несколько десятилетий при обеспечении всех рекомендуемых условий обслуживания и ремонта. Некоторые части (молотки, подшипники) необходимо регулярно менять после нескольких лет эксплуатации как часть периодического обслуживания и ремонта.

Электрофильтры вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности являются наиболее эффективными установками для улавливания пыли из отходящих газов вращающихся печей, клинкерного холодильника и, в некоторых случаях, цементных мельниц. Электрофильтры могут быть использованы почти в каждой цементной печи для удаления пыли из отходящих газов, газов из системы байпаса и воздуха из колосникового холодильника.

Рукавные фильтры являются эффективным пылеулавливающим оборудованием. Основной принцип работы рукавных фильтров заключается в использовании матерчатой мембраны, которая пропускает газ, но задерживает пыль. Различие в конструкции таких фильтров состоит в том, что часть фильтрующих элементов состоит из цилиндрических фильтровальных мешков (вертикальная подвеска), а часть – из фильтровальных пакетов, которые обычно устанавливаются горизонтально. Первоначально пыль откладывается частично на поверхности волокон и проникает на всю глубину ткани, но как только поверхностный слой ткани полностью покроется пылью, она сама становится доминирующей фильтровальной средой. Выходящие газы могут проходить не только из внутренней части фильтровального рукава наружу, но и в противоположном направлении. Поскольку слой пыли утолщается, сопротивление прохождению газа повышается. Поэтому необходимы периодическая чистка фильтровальной среды и контроль гидравлического сопротивления фильтра.

Обычным способом чистки является периодическая импульсная подача очищенного газа или сжатого воздуха в направлении, обратном обычному потоку газа, механический удар или встряхивание и вибрация. Рукавные фильтры имеют много секций, которые можно индивидуально изолировать в случае выхода из строя рукава; соответственно фильтрация будет успешной, обеспечивающей адекватное поведение установки в целом, если даже секция будет целиком выведена из эксплуатации. Для этого должен сработать «детектор разрыва рукава», который находится в каждой секции и который указывает на необходимость замены мешка, если случилась неполадка.

Фильтровальные рукава изготавливают из тканого и нетканого материала.

Высокая температура (150-300 ºС) обеспыливаемых газов требует применения специальных материалов. Современные синтетические ткани могут выдерживать температуру до 280 º С.

Поведение рукавных фильтров зависит от различных параметров, таких, как совместимость фильтрующего материала с характеристиками обеспыливаемого газа и пыли, соответствующее термическое, физическое и химическое сопротивление против воздействия гидролиза, окисления и температуры процесса. Важными характеристиками фильтра являются размер фильтрующей поверхности, эффективность разделения и сопротивление фильтрации (так называемое «дифференциальное давление фильтра»). Последняя величина зависит от свойств фильтровального материала и пыли. Основным параметром для проектирования фильтра является пропускная способность (объём обеспыливаемого газа). Поэтому классификация рукавных фильтров осуществляется в зависимости от типа, количества рукавов и свойств пыли и газа.

Срок службы, потребности в энергии и в обслуживании рукавных фильтров зависят от тепловых и механических нагрузок. Скорость прохождения газа, толщина отложений пыли, пористость и циклы очистки влияют на эффективность удаления пыли. Улучшение работы фильтра (в частности, снижение его гидравлического сопротивления) ведётся в направлении быстрого определения потенциальной утечки пыли с постоянным контролем с помощью детектора, улучшения системы пылеудаления, повышения срока эксплуатации и снижения стоимости. Циклы очистки и методы очистки фильтрующих материалов оказывают влияние на эффективность работы фильтра. При использовании воздушной пульсации низкого давления эффективность повышается, в то же время минимизируется потребление энергии и снижается уровень шума. Такая фильтрующая система может быть использована для обеспыливания отходящих газов из вращающихся печей, а также обеспыливания щелочной пыли байпаса, воздуха клинкерного холодильника, мельниц и классификаторов.

Объединение рукавных фильтров с циклонами применимо для клинкерного холодильника. В циклоне частицы пыли выделяются от газового потока и осаждаются под действием центробежных сил на стенах циклона, а затем удаляются через отверстие со шлюзовым затвором на дне циклона. Центробежные силы проявляются непосредственно в газовом потоке, входящем по касательной в цилиндрический корпус циклона, или за счёт вращения рабочего вентилятора, находящегося в установке (механический центробежный пылеосадитель). В цементной промышленности циклоны объединяются с воздушным теплообменником для снижения температуры и рукавным фильтром (пылеулавливающая камера с рукавным фильтром) для удаления пыли из отходящих газов холодильника. Циклон может снизить концентрацию пыли до 70 % от исходной. В сочетании с воздушным теплообменником и пылеулавливающей камерой с рукавным фильтром достигается высокая очистка

(до 99,99 %) при низкой концентрации пыли в выбросах, равной 5-7 мг/нм^3.

Чтобы оптимизировать эксплуатационную стоимость рукавных фильтров, на цементных заводах устанавливают оптимальное давление в системе пульсирующего струйного пылеудаления. Нагрузка на фильтр, дифференциальное давление на фильтрующую поверхность и система очистки газов являются тремя главными факторами, оказывающими влияние на снижение стоимости рукавных фильтров. Эти факторы тесто связаны, поэтому для оптимизации стоимости необходимо достижение максимально возможных отношений воздух/обшивка фильтра, наименьших значений дифференциального давления и более низких давлений воздуха для очистки.

Гибридные фильтры представляют собой объединение электрофильтров и рукавных фильтров в одно и то же устройство. Они в основном являются результатом модернизации существующих электрофильтров и позволяют повторно использовать часть старого оборудования.

4.1.2.2 Выбросы пыли от известковых заводов

При обжиге известняка пыль образуется за счет наиболее мелких частиц подаваемого в печь известняка, при термическом и механическом разрушении, при его растрескивании в печи и в меньшей мере за счет золы топлива. Уровень содержания пыли на входе в обеспыливающие устройства колеблется в широких пределах в зависимости от конструкции печи, её мощности и используемого сырья.

Широкий диапазон свойств отходящих газов требует для сбора пыли использования разнообразного оборудования: циклонов, влажных скрубберов, рукавных фильтров, электрофильтров и гравийных фильтров (таблица 4.2). Типичные циклоны удаляют 90 % пыли известеобжигательных печей.

Электрофильтры и рукавные фильтры при нормальном режиме эксплуатации характеризуются очень высокой степенью обеспыливания, превышающей 99%, однако на этот показатель влияет размер частиц пылевыбросов. Тип фильтра подбирают в зависимости от температуры отходящих газов. Фильтры этих типов для обеспечения соответствующей эффективности требуют периодического обслуживания. Эффективность таких фильтров выше, чем при влажном пылеудалении. При влажном пылеудалении в связи с использованием воды и сбросов нуждающихся в обработке водных отходов затрачивается дополнительная энергия. На эффективность электростатических осадителей влияет наличие CO, однако содержание CO можно минимизировать. Центробежные сепараторы используются на стадии предварительной очистки, однако их эффективность с ростом содержания загрязняющего материала возрастает.

После осадительного оборудования выбросы обычно составляют 10-250 мг/нм^3, при использовании влажной скрубберной очистки они составляют 10-100 мг/нм^3.

Таблица 4.2 - Обзор технических решений для контроля выбросов пыли на известковых заводах [2]

Технические решения	Применимость	Выбросы, мг/нм^3 1) *)	Стоимость 2)	
			Инвестиции, млн евро	Эксплуата-ционные, евро/ т клинкера
Электрофильтры	Все типы печей, мельницы, вспомогательные процессы	<10*-<20	0,6-3,9	>1,5
Рукавные фильтры	Все типы печей	<10-<20	0,25-1,7	>1,5
	Мельницы, вспомогательные процессы	<10-<20		
Влажное пылеудаление	Все типы печей, гидраторы	10-30		
Центробежные сепараторы	Для предварительной очистки все типы печей, мельницы, вспомогательные процессы	-		

1) Для печных систем, обычно относящихся к среднесуточным значениям сухого газа, 273K, 101,3 кПа и 10% O_2.
2) Затраты в 2010 г.
*) Уровни выбросов пыли около 10 мг / нм^3 достигаются только с модернизированными или увеличенными электрофильтрами.

Результаты точечных измерений результатов выбросов пыли свидетельствуют о том, что в 70 % определений выбросы пыли из печей, оборудованных электрофильтрами и рукавными фильтрами, ниже 20 мг/нм^3, при этом в 60 % случаев они ниже 10 мг/нм^3, такая величина выбросов пыли зафиксирована при 6% замеров выбросов пыли после очистки во влажных скрубберах [2],

В Германии все шахтные печи оборудованы рукавными фильтрами. После очистки дымовых газов с помощью рукавных фильтров типичный выброс пыли составляет от <10 до <20 мг/нм^3 (точечные измерения, стандартные условия). Обеспечивающие такие результаты рукавные фильтры характеризуются соотношением воздух : поверхность фильтра в интервале от < 1 до 1,2 м^3/нм^3-мин. Вращающие печи оснащают электрофильтрами. В этом случае типичный уровень выбросов составляет менее 20 мг/нм^3. Выделенную в рукавном фильтре или в электрофильтре пыль используют как конечный продукт. Использование для очистки газов от пыли в Германии мокрой скрубберной очистки и гравийных фильтров позволяет добиться уровня выбросов в пределах 30-60 мг/нм^3, зафиксированных как средние при ежедневных измерениях при стандартных

ПРОЕКТ DRAFT

условиях. Для достижения степени очистки ниже 20 мг/нм^3 необходимо заменить влажные скрубберы и гравийные фильтры на рукавные фильтры. Результаты измерений, проведенных в ЕС, свидетельствуют, что пылевыбросы не зависят от вида используемого топлива, т.е. от того, используется ли ископаемое топливо или горючие отходы. Так при использовании в шахтных печах горючих отходов средние ежедневные пыле- выбросы составляют от < 5 до < 10 мг/нм^3.

При гидратация извести поток газов из гидраторов извести относительно мал: на 1 т гидратной извести выделяется около 800 м^3 газа, но перед очисткой в пылеосадительном устройстве в нем может содержаться до 2 г/м^3 пыли. Таким образом, выброс пыли составляет 1,6 кг/т гашеной извести. Для удаления таких пылевыбросов используют влажную скрубберную очистку и рукавные фильтры. Влажность может влиять на уровень пылевыбросов. По этой причине для очистки выбросов гидраторов часто используют скрубберы. При использовании скрубберов нового поколения уровень пылевыбросов в пределах 10-30 мг/м^3, что соответствует примерно 0,008-0,024 кг/т гашеной извести.

При измельчении извести уровень пылевыбросов составляет менее от < 10 до < 50 мг/м^3.

4.1.3 Методы предотвращения и/ или сокращения выбросов диффузной пыли

К основным источникам диффузной пыли относятся следующие процессы:

- дробление сырья;
- транспортировка материалов конвейером или элеватором;
- дорожное покрытие (за счет автомобильного транспорта
- хранение сырья, клинкера и цемента;
- мельницы для помола сырья, цемента и угля;
- хранение твердого топлива (нефтяной кокс, уголь, бурый уголь);
- отгрузка цемента.

Неорганизованные выбросы пыли могут появиться при складировании и переработке материалов и твердого топлива из открытых складов, транспортеров сырьевых материалов и также из дорожных покрытий, вызываемых движением дорожного транспорта. Компактное расположение объектов является наиболее простым способом снижения неорганизованных выбросов пыли. Образование пыли, например, из штабелей сырьевых материалов и твердого топлива может быть снижено с помощью следующих технических решений:

- увлажнение штабелей и в частности участков загрузки и разгрузки;
- использование ленточных конвейеров с регулируемой высотой.

Регулярное и тщательное обслуживание установок всегда приводит к косвенному снижению неорганизованных выбросов пыли благодаря уменьшению подсоса воздуха или предотвращению негерметичности установок. Использование автоматических приборов и системы контроля также

способствует снижению выбросов пылевидных частиц, равно как и постоянная безотказная надёжная работа установок.

Пыление при упаковке и отгрузке клинкера/цемента может быть также весьма значительным. Влияние неорганизованных выбросов может привести к общему увеличению выбросов пыли, так как процесс выброса пыли осуществляется со значительно большей поверхности.

Транспортеры и элеваторы конструируются как закрытые системы, если они предназначены для транспортировки пылящего материала. Дороги, используемые грузовыми автомобилями, устилаются и чистятся периодически, чтобы препятствовать диффузии пыли. Дополнительно применяется орошение водой для предотвращения распространения пыли. Где возможно, применяются закрытые помещения для складирования. Чтобы снизить выбросы дисперсной пыли на открытом складе, где размещены сырьевые материалы или топливо, штабели и площадки навального хранения могут быть закрыты или укрыты с помощью различных перегородок, покрытий, разделены стенами или оградами, состоящими из вертикальных зелёных растений (искусственные или естественные барьеры для предотвращения воздействия ветра).

Для снижения выделения диффузной пыли при погрузке цемента или обожженной извести рекомендуется, например использовать гибкие загрузочные трубы, соединенные с пылесборным устройством. Такие загрузочные трубы оборудованы вытяжным приспособлением, гарантирующим погрузку без пыли. Их располагают на поверхности кузова грузовика, куда они автоматически осуществляют погрузку до тех пор пока не будет достигнута заданная высота. Затем грузовик перемещается вперед на 30 см и операция повторяется вновь.

4.1.4 Техники предотвращения и/или сокращения выбросов SO_x

4.1.4.1 Выбросы SO_x на цементных заводах

Выбросы SO_2 на цементных заводах зависят от общего количества сульфатных соединений, применяемого способа производства и в первую очередь определяются содержанием летучей серы в сырьевых материалах и в топливе. Потенциальные выбросы SO_x зависят от циркуляции серы в печи. Сера выбрасывается из печей в виде SO_2 в отходящих газах, $CaSO_4$ и других компонентов клинкера и пыли. Однако большая часть серы соединяется (включается) в клинкер или выгружается из системы.

В зависимости от месторождения (чаще глины или сланцы), сырьевые материалы могут содержать серу в виде сульфатов и сульфидов. Сульфаты - это стабильные соединения, которые только частично разлагаются термически при высокой температуре в зоне спекания вращающейся печи, но разложение может увеличиться при наличии местной восстановительной среды при горении топлива и отходов. Следовательно, сера в форме сульфата более или менее

полностью выходит из печи с клинкером при сохранении его качества. Сульфиды наоборот окисляются ещё в теплообменнике и частично выделяются в форме диоксида серы, как показано на рисунке 4.1.

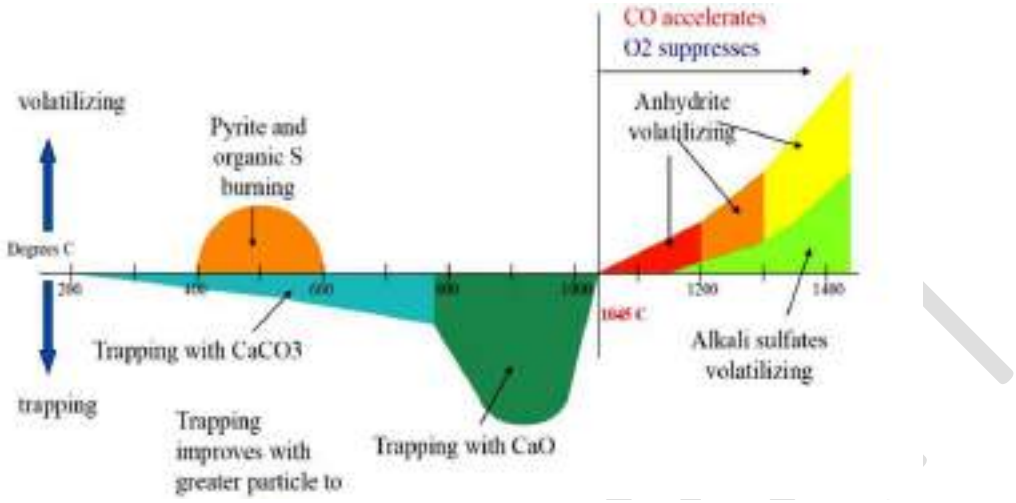


Рисунок 4.1 – Влияние температуры на улетучивание/ улавливание серы по [63]

Сера, поступающая в печь с топливом, окисляется до SO_2 и не ведет к значительному увеличению выбросов благодаря наличию сильных щелочей в зоне спекания, зоне кальцинирования и на стадии подогрева. Сера вступает в зону кальцинирования вместе с небольшим количеством SO_2, образующегося в результате частичного разложения сульфатов в зоне обжига. В зоне кальцинирования SO_2 реагирует с щелочами и щелочными сульфатами, имеющимися в сырьевых материалах. При контакте с частично декарбонизированной сырьевой смесью избыток SO_2 реагирует первоначально с образованием $CaSO_3$, а затем - $CaSO_4$. Эти сульфаты снова поступают во вращающуюся печь. Создается кругооборот серы в печи, которая находится в равновесии с выходом серы с клинкером.

Большая площадь зоны декарбонизации во вращающейся печи предоставляет идеальные условия для захвата серы из отходящих печных газов. Выделения SO_2 могут иметь место, когда концентрация кислорода во вращающейся печи не оптимальна для связывания SO_2. Кроме того, различные факторы могут влиять на эффективность реакции: температура, содержание влаги, время пребывания газа, концентрация оксидов в газовой фазе, доступность поверхности твердых частиц и т.д.

Увеличение выбросов SO_2 можно ожидать при наличии в сырьевых материалах органической серы или серы в легко окисляемой форме, например в виде пирита или марказита (лучистого колчедана). В этих условиях концентрация выделяемого SO_2 может быть высокой - 1,2 г/нм^3, и часто уровни выбросов SO_2 составляют несколько сотен мг/нм^3, если не применяются методы борьбы с выбросами.

Печи, в которых обжигаются сырьевые материалы с малым количеством летучей серы, обычно не имеют проблем с выбросами SO_2 и его концентрация в

отходящих газах обычно ниже 10 мг/нм^3. Концентрация выбросов SO_2 увеличивается с увеличением количества летучей серы в используемых материалах.

SO_2 является основным (99 %) оксидом серы, который выделяется, хотя может присутствовать и некоторое количество SO_3, а в условиях восстановительной среды может образоваться и H_2S. Сера в виде сульфидов и органической связанной серы в сырьевых материалах будет испаряться, причем 30 % или более серы могут выделяться из первой ступени циклонного теплообменника.

В отличие от зоны декарбонизации, в циклонном теплообменнике 40-85 % образующегося SO_2 вновь связывается в нелетучие соединения, как показано на рисунке 4.2.

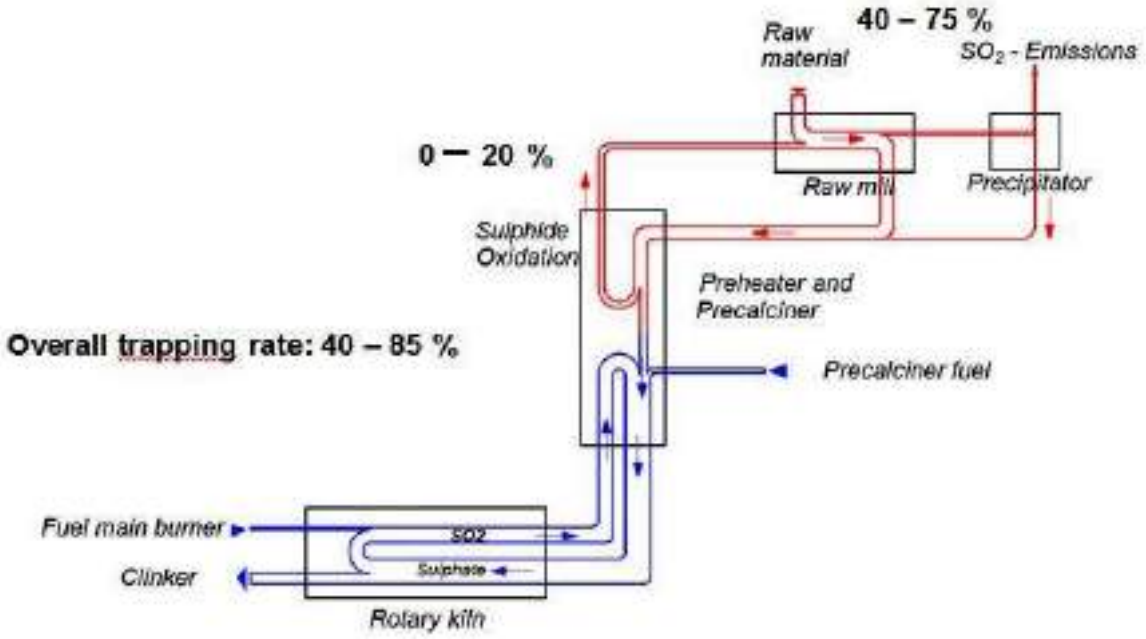


Рисунок 4.2 - Циркуляция сульфатов в печной системе по [63]

Основными факторами, влияющими на степень связывания SO_2 карбонатом кальция, являются содержание паров воды и концентрация пыли в циклонном теплообменнике, а также содержание кислорода в отходящих газах. Избыток кислорода (1-3 % O_2), обычно используемого на цементных заводах для обеспечения качества цементной продукции, будет достаточным для окисления сульфидов до SO_2. В длинных печах контакт между SO_2 и щелочными материалами не так хорош, поэтому сера из топлива и особенно топливных отходов может привести к значительному увеличению выбросов SO_2, в частности, в длинных мокрых, длинных сухих печах и печах «Леполь», где улавливание соединений серы не так эффективно, как в печах сухого способа с циклонными теплообменниками.

В башне кондиционирования отходящих газов связывается относительно

небольшое - около 10 % - количество SO_2. Наоборот, в помольно-сушильной установке материал постоянно дробиться, обнажая все новые частицы с высокой активной поверхностью, которая способна захватывать SO_2. В процессе сушки атмосферный газ всегда обогащается парами воды, что приводит к улучшению адсорбции оксида серы. Опыт работы заводов с объединением процессов сушки и помола показал, что в мельнице можно связать от 20 до 70 % SO_2.

Факторы, влияющие на поглощение SO_2, включают влажность сырьевых материалов, температуру мельницы, время пребывания материала в мельнице, тонкость помола материала. Важно, чтобы работа сырьевых мельниц была оптимизирована таким образом, чтобы в сырьевой смеси было снижено количество SO_2 перед подачей её в печь, другими словами, другими словами, при прямой работе (когда сырьевая мельница выключена) выбросы SO_2 резко увеличиваются и возвращаются к нормальному уровню, как только сырьевая мельница снова запускается (комбинированная работа).

Несмотря на то, что большая часть серы остается в клинкере в виде сульфатов, выбросы SO_2 могут быть значительными в случае применения сырьевых материалов с высоким содержанием летучих соединений серы и поэтому оксид серы может рассматриваться как один из основных загрязнителей окружающей среды.

При отклонении от нормальных условий работы печи выбросы SO_2 возрастают; к таким условиям относится обжиг в восстановительной среде, что снижает степень связывания серы. Причинами этого могут быть:

- неполное сгорание топлива в декарбонизаторе или неполное сгорание грубых частиц топливных отходов в холодном конце печи;
- излишне горячая зона обжига, что может привести к появлению в печи трудно сжигаемой топливной смеси;
- излишек серы из-за щелочей в питании печи;
- экстремальные величины кругооборота серы, циркулирующей между печью и циклонным теплообменником.

Снижение выбросов диоксида серы SO_2 при производстве цемента осуществляется постадийно.

Первым шагом снижения выбросов SO_2 является реализация первичных технических решений:

- выбор сырьевых материалов, топлива и отходов (при их использовании) с невысоким содержанием свободной серы или серы в виде сульфидов (таких как пириты);
- оптимизация процесса обжига клинкера, включающая стабильную работу печей;
- однородное распределение нагретого материала в печи;
- предотвращение образования восстановительной атмосферы при обжиге клинкера.

Концентрация кислорода на входе материала в печь является решающим фактором связывания SO_2 сырьевыми материалами. Увеличение содержания

кислорода в печи снижает количество выбросов SO_2. Избыток кислорода обеспечивает образование сульфатов в нижней части циклонного теплообменника, которые выходят из печи совместно с клинкером.

Применение системы байпаса предотвращает накопление в печи легкоплавких сульфитов щелочных металлов и приводит к некоторому снижению выбросов SO_2.

Баланс для защиты окружающей среды должен быть найден оптимизацией соотношения выбрасываемых NO_x/ SO_2/ CO путём регулирования содержания кислорода в печи, но этот процесс оптимизации очень труднодостижим для длинных мокрых, длинных сухих и печей «Леполь».

Для печей сухого способа с циклонными теплообменниками, даже если топливо для печи имеет высокое содержание серы (как правило, низкосортный нефтяной кокс с высоким содержанием серы), все соединения серы улавливаются клинкером и покидают печь, а выбросы SO_2 ниже 10 мг/нм^3. Для этого типа печей сухого процесса критической точкой является то, когда сырье имеет высокий уровень свободной серы или, чаще, серы в форме сульфидов, таких как пирит. Тогда первичных технических решений недостаточно для значительного снижения выбросов SO_2.

Если первичные технические решения недостаточны, необходимо использовать вторичные технические решения.

Вторичными техническими решениями, позволяющими резко снизить выбросы SO_2 из цементных печей, являются использование добавок сорбента или применение мокрого скруббера.

Добавление абсорбента

Вторичными техническими решениями для контроля выбросов диоксида углерода в цементной промышленности являются добавление гидратированной извести - так называемая «сухая добавка» (добавление сорбента в сырье) или “процесс сухой сорбции” (сорбент вводится в газовый поток). Добавление гидратированной извести имеет дополнительное преимущество в том, что кальцийсодержащие добавки образуют продукты, которые могут быть непосредственно вовлечены в процесс сжигания клинкера.

Оптимальная температура для добавления гидратной извести находится в пределах 350-450 ºС и ниже 150 ºС, если газ содержит повышенное количество влаги. Наиболее удобным местом подачи гидратной извести в цементную печь является верхний циклон теплообменника или газоход отходящих газов.

В качестве альтернативы может рассматриваться процесс, когда гидратная известь подается в сырьевую мельницу совместно с сырьевыми компонентами или добавляется в питатель печи. Гидратная или гашеная известь ($Ca(OH)_2$), быстро обожженная негашеная известь (CaO) или активированная зола-унос с высоким содержанием CaO инжектируются в отходящие газы при температуре, близкой к точке росы, что обеспечивает более предпочтительные условия для связывания SO_2. В цементной печной системе эта температура наиболее характерна для участка между сырьевой мельницей и пылеосадителем.

Гидратная известь реагирует с SO_2 в верхнем циклоне и выносится в виде пыли в систему пылеулавливания, откуда возвращается в установку для одновременной сушки и помола сырья. Факторами, ограничивающими эффективность снижение выбросов, являются малое время пребывания газа в верхнем циклоне (примерно две секунды) и высокое, более 30 %. содержание CO_2 в отходящих газах.

Мокрый скруббер

Мокрый скруббер - это традиционно применяемая технология для десульфуризации газов на тепловых электростанциях, работающих на угле. Для снижения выбросов SO_2 при производстве цемента технология мокрого скруббера находится на стадии разработки процесса. Технология мокрого скруббера основана на следующей химической реакции:

$$SO_2 + ½\ O_2 + 2H_2O + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 \bullet 2H_2O + CO_2$$

SO_2 абсорбируется жидким шламом, который распыляется в распылительной башне. В качестве абсорбента используется карбонат кальция. Система мокрого скруббера обеспечивает высокую эффективность улавливания водорастворимых кислых газов, включая их десульфуризацию (FGD-процесс) с наименьшим количеством твердых отходов. Мокрый скруббер также значительно снижает выбросы HCl, пыли и, в несколько меньшей степени, выбросы металлов и NH_3.

На приведенном ниже рисунке 4.3 показаны условия, при которых можно использовать добавление абсорбента или метод мокрого скруббера для снижения выбросов SO_2.

Такие загрязнения, как SO_2, органические соединения, металлы, NH_3, соли аммония, HCl, HF и остаточная пыль после электрофильтра или рукавного фильтра могут быть удалены из отходящих газов адсорбцией на активированного угле.

Фильтр из активированного угля используется в виде технологии инжекции или в виде конструкции из плотного слоя с модульными стеновыми перегородками. Модульная конструкция позволяет адаптировать размеры фильтра к различным установкам, через которые проходит газ, и к производительности печи.

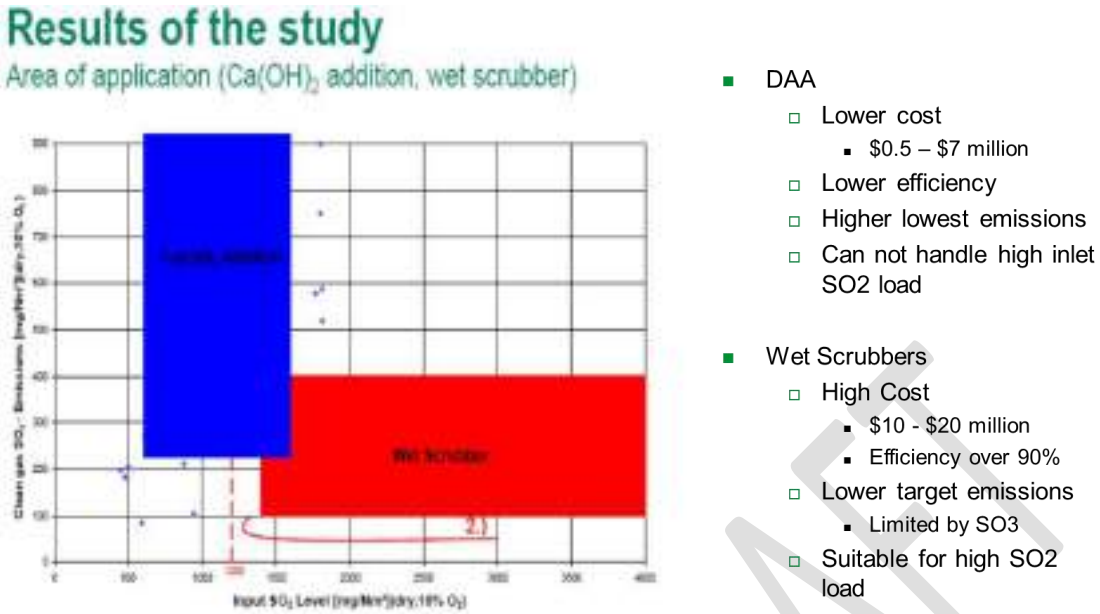


Рисунок 4.3 - Снижение выбросов SO_2 – преимущества и недостатки методов мокрого скруббера и добавление абсорбента по [63]

Использованный активированный уголь периодически удаляется в отдельный силос и заменяется свежим адсорбентом. При использовании отработанного активированного угля в качестве топлива в печи улавливаемые вещества возвращаются в систему и в большом количестве фиксируются в цементном клинкере. Однако, известно о единичном случае применения данной технологии в Европе на цементном заводе в Сиггентале (Швейцария)

4.1.4.2 Выбросы SO_x при производстве извести

Выбросы SO_2 при производстве извести характерны главным образом во вращающихся печах. Они связаны с наличием в топливе серы, конструкцией печей и допустимым содержанием серы в получаемой извести. Таким образом, выбор топлива с пониженным содержанием серы может снизить выбросы SO_2 и таким образом можно производить известь, используя топливо с повышенным содержанием серы.

В процессе большинства вариантов обжига извести, негашеная известь захватывает большую часть серы, выделяющейся из известняка и топлива. Эффективный контакт печных газов и негашеной извести обычно сопровождается эффективной абсорбцией диоксида серы. При этом выбросы диоксида серы в известеобжигательных печах различного типа не превышают 50 мг/нм^3.

Для длинных вращающихся печей характерно производство низкосернистой негашеной извести в восстановительной атмосфере. В этом случае часть серы топлива и известняка возгоняется в виде диоксида серы в отходящие газы.

Выбросы SO_2 из таких печей лежат в диапазоне 50-1500 мг/нм^3, их

интенсивность связана с видом топлива и с необходимым для производства различной продукции характером (восстановительная или окислительная) печной атмосферы. Ввиду того, что низко сернистое топливо не всегда доступно, более высокие выбросы SO_2 связаны с использованием высокосернистого топлива.

Для вращающихся печей с запечным теплообменником также характерна способность производить низкосернистую негашеную известь в восстановительной атмосфере, однако при этом часть серы связывается с известью и пылью. Поэтому выброс серы из печей такого типа меньше, чем из длинных вращающихся печей.

Выбросы SO_2 из таких печей лежат в диапазоне 50-400 мг/нм^3, их интенсивность связана с видом топлива и с необходимым для производства различной продукции характером (восстановительная или окислительная) печной атмосферы.

Характерный для шахтных печей эффективный контакт между газовой атмосферой и негашеной известью провоцирует интенсивное поглощение диоксида серы, следствием которого является получение негашеной извести с повышенным содержанием серы при использовании высокосернистого топлива

Выбросы из печей этого типа в зависимости от используемого топлива лежат в диапазоне 50-400 мг/нм^3, исключение составляют шахтные кольцевые печи выбросы которых достигают 1000 мг/нм^3.

Для снижения выбросов SO_2 применяют абсорбенты, используемые в каскадных абсорберах со слоем насадки и в системах модульных абсорберов, и сухую очистку дымовых газов с помощью электрофильтров или рукавных фильтров. Применение абсорбентов для снижения выбросов SO_2 хорошо освоено в других отраслях промышленности, но до настоящего времени не освоено во вращающихся известеобжигательных печах. Для применения во вращающихся печах можно рассматривать следующие технические решения:

- использование мелкого известняка: при эксплуатации питающейся доломитом вращающейся печи одного диаметра отмечено существенное снижение выбросов SO_2 при использовании питания, котором или повышенное содержание известняковой мелочи или склонного к разрушению при нагревании. Полученная при обжиге тонкодисперсного известняка известь взаимодействует с дымовыми газами и по пути удаляется в устройство для сбора пыли;
- подача негашеной или гашеной извести в воздух со стороны горячего конца печи;
- вдувание абсорбента в отходящие газы.

Таким образом, для снижения концентрации SO_2 в газовых выбросах применяют:

- вдувание в поток газов абсорбента-гидратной извести или бикарбоната натрия для эффективного поглощения SO_2;
- обеспечивают достаточное время пребывания газа между точкой подачи поглотителя и устройством для сбора пыли (предпочтительно рукавным

фильтром).

4.1.5 Техники предотвращения и/или сокращения выбросов NO_x

4.1.5.1 Соединения и образование NO_x

Процесс обжига клинкера - это высокотемпературный процесс, который приводит к образованию оксидов азота (NO_x).

Выражение «оксиды азота» в основном соответствует 3 оксидам:

- NO - оксид азота
- NO_2 - диоксид азота
- N_2O - закись азота (присутствует в очень небольших количествах)

Есть и другие оксиды азота: N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5.

В загрязнении воздуха (лексика, связанная с окружающей средой) NO_x означает общее присутствие NO и NO_2 (все NO окисляется при контакте с окружающим воздухом)

Процесс обжига цементного клинкера является высокотемпературным процессом, в результате которого образуются оксиды азота. Эти оксиды представляют собой одни из ключевых загрязняющих веществ, выбрасываемых в воздух цементными заводами. Они образуются в течение процесса обжига в результате связывания азота топлива с кислородом в пламени или связыванием атмосферного азота и кислорода воздуха, подаваемого для горения.

NO и NO_x являются также преобладающими оксидами азота в дымовых газах вращающихся известеобжигательных печей, они могут образовываться при сжигании топлива.

Имеются два основных источника для появления NO_x:

- тепловые NO_x:

- часть азота в воздухе горения взаимодействует с кислородом с образованием оксидов азота;

- основной механизм образования оксидов азота в печном пламени;

- топливные NO_x:

- соединения, содержащие азот, химически связанные в топливе, реагируют с кислородом воздуха с образованием различных оксидов азота.

Небольшие изменения в выбросах NO_x наблюдаются при использовании отходов:

- содержание NO_x для первичного обжига (основная горелка печи) может быть ниже, если топливные отходы включают воду или требуют большего количества кислорода (влияние на температуру пламени, которая понижается). Эффект сравним с охлаждением пламени;
- содержание NO_x при сжигании топлива в декарбонизаторе может быть ниже, если грубоизмельченное топливо уменьшает зону горения;
- NO_x может также образоваться окислением NH_3, если последний впрыскивание в неадекватную температурную зоне печи для снижения

концентрации NO_x.

Тепловой NO_x образуется при температуре около 1050 °С. Из-за необходимости получения качественного цементного клинкера процесс обжига происходит в окислительной атмосфере, которая частично окисляет молекулярный азот из воздуха в пламени с образованием монооксида азота. Тепловой NO_x образуется в основном в зоне обжига, где количество его недостаточно для достижения указанной реакции. Количество тепловых NO_x, образующихся в зоне горения, зависит от температуры в зоне горения и количества кислорода (коэффициент избытка воздуха). Скорость реакции образования NO_x увеличивается с повышением температуры. Поэтому трудно обжигаемая смесь, которая требует создания более горячей зоны, будет способствовать большему образованию NO_x, чем легко обжигаемая смесь. Скорость реакции также увеличивается с повышением содержания кислорода (коэффициент избытка воздуха). Работа печи с повышенным содержанием кислорода на холодном конце приводит к повышению количества NO_x в зоне горения (хотя выделение SO_2 и CO может снизиться), как показано на рисунке 4.4.

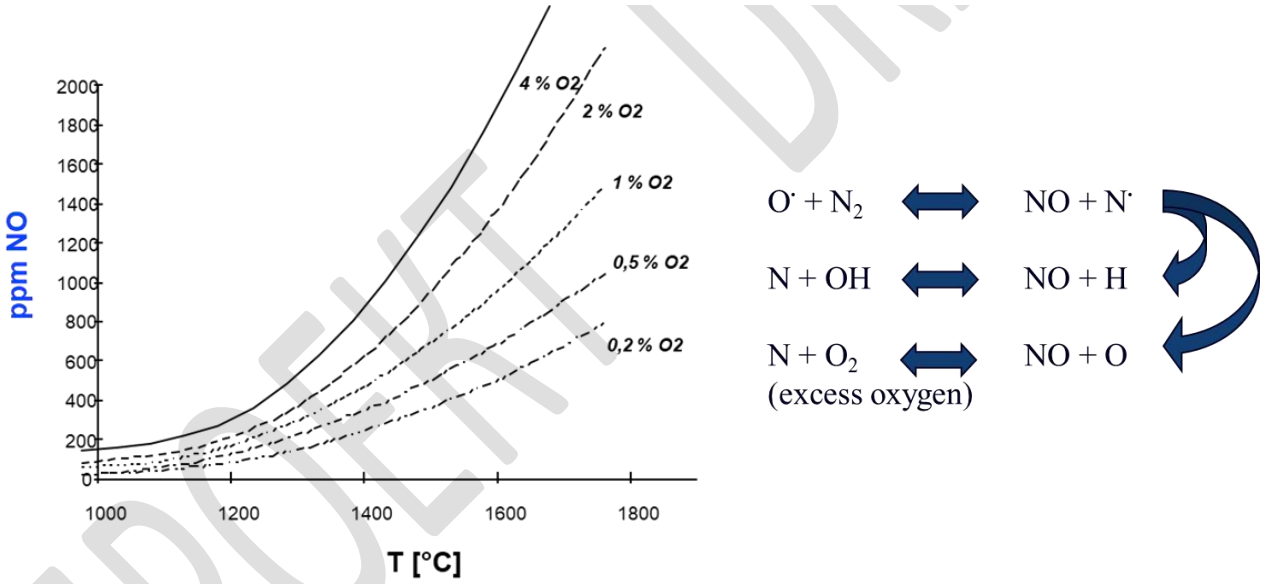


Рисунок 4.4 - Образование NO_x при высокой температуре (зона горения с температурой > 1200 ° C) с атмосферным N_2, O и OH по [63]

Длинные вращающиеся известеобжигательные печи и вращающиеся печи с запечным теплообменником характеризуются определенным положением факела и тем, что его температура выше, чем в шахтных печах. Благодаря процессам теплопередачи температура печных газов высокая, это приводит к увеличению уровня термического NO_x. Поэтому, с увеличением температуры и содержания кислорода в зоне обжига известеобжигательных печей количество термических NO_x возрастает, то выбросов NOx из вертикальных шахтных печах меньше, чем из вращающихся печей.

NO и NO_2 являются доминирующими оксидами азота в отходящих газах

цементной печи. Топливные NO_x из азотсодержащих соединений топлива являются менее важными. Во вращающейся печи образование топливного NO (оксид азота) в зоне горения незначительно. Выделение NO_x обусловлено в большей степени за счет азота воздуха, подаваемого на горение, чем их образованием при окислении азотсодержащих соединений топлива.

Расчетное количество NO составляет 95 % и NO_2 5 % в общем количестве оксидов азота в отходящих газах вращающихся печей [2, 64]. Топливные NO_x накапливаются при горении азота, присутствующего в топливе, при более низкой температуре, преобладающей в установках вторичного сжигания топлива (декарбонизаторах). Азот топлива либо соединяется с другими атомами с образованием газа N_2, либо реагирует с кислородом с образованием топливного NOx. В декарбонизаторе превалирует температура 850-950 °С, которая недостаточно высока для образования значительного количества теплового NO_x, но топливный NO_x в этих условиях может образоваться, как показано на рисунке 4.5.

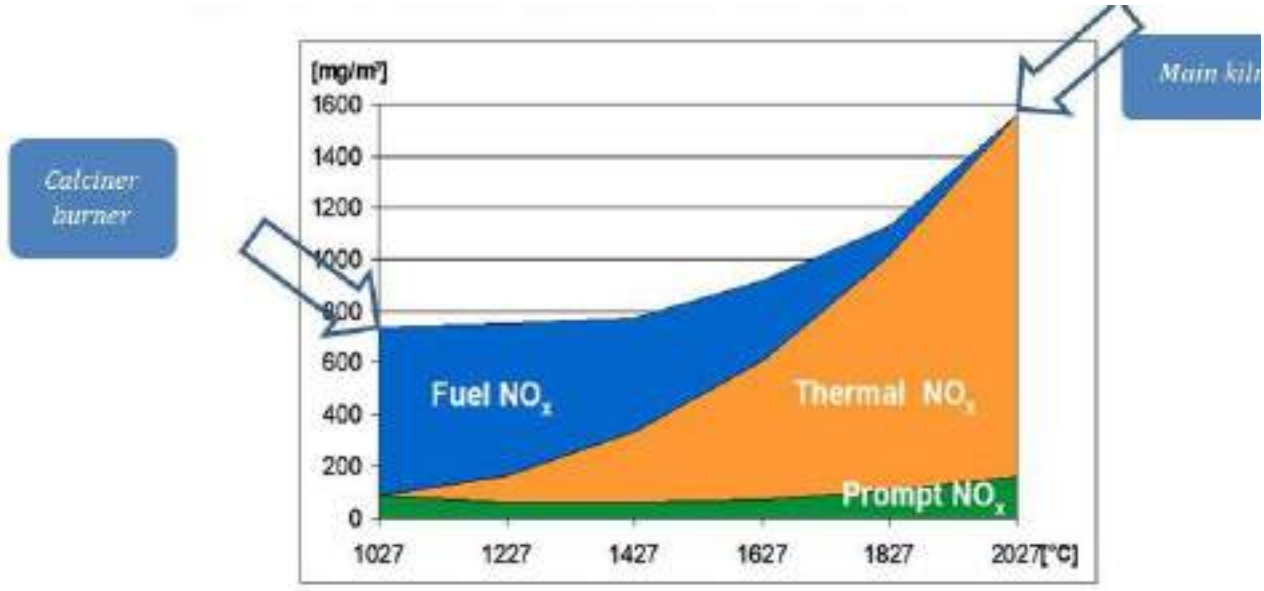


Рисунок 4.5 - Образование топливных NO_x и термических NO_x в печах сухого способа производства с циклонным теплообменником и декарбонизатором по [63]

«Быстрый NO_x» образуется в результате разрыва связей N_2 углеводородными радикалами «CH», высвобождаемыми в основном топливом, а не радикалами O_2. В практическом плане эти количества незначительны (менее 100 ppm), поэтому в целом этот механизм образования не рассматривается.

Подобным образом и другие способы вторичного сжигания топлива в холодном конце печи, такие, как сжигание в газоходе перед первой ступенью запечного циклонного теплообменника или в камере колосникового теплообменника, могут увеличить количество топливного NO_x. Поэтому в печах с теплообменниками, где в теплообменнике может сгорать до 60 % топлива, образование топливного NO_x в значительной степени обусловливает увеличение

общего количества выделяющегося NO_x. Образование тепловых NO_x в этих печах намного ниже в сравнении с печами, где все топливо сжигается в зоне обжига.

Выделение NO_x очень зависит от типа используемого процесса. Кроме температуры и содержания кислорода (коэффициент избытка воздуха) на образование NO_x может оказывать влияние форма пламени и температурный профиль, геометрия камеры горения, реакционная способность и содержание NO_x в топливе, присутствия влаги, длительность реакции горения и конструкции горелки.

4.1.5.2 Методы снижения выбросов NO_x

Для снижения или контроля выбросов NO_x считается пригодным использование как первичных мер, интегрированных в технологический процесс, так и специальных технологий или их сочетание с первичными мерами. Ниже приводятся используемые технические решения и технологии:

- охлаждение пламени, т.е. добавление воды в топливо или непосредственно в пламя основной горелки печи или использование жидких / твердых отходов с более высоким содержанием воды;
- горелки с низким выделением NO_x;
- сжигание топлива в средней части печи (для печей с мокрым процессом и длинных сухих печей);
- использование минерализаторов для улучшения обжигаемости сырьевой смеси;
- постадийное сжигание топлива (обычное топливо или топливные отходы), в сочетании с декарбонизатором и с использованием оптимальной топливной смеси;
- оптимизация технологических процессов печи (например, оптимизация условий сжигания и гомогенизация подаваемого топлива, методы косвенного сжигания, оптимизированная работа охладителя, выбор топлива, оптимизированные уровни кислорода и т. д.)

Если первичные меры не могут снизить выбросы NO_x до желаемого уровня, вторичные технологии, которые могут быть использованы для NO_x:

- технология селективного некаталитического восстановления SNCR;
- технология селективного каталитического восстановления SCR.

Для сохранения окружающей среды и по экономическим соображениям снижение количества выбросов NO_x предпочтительно следует начинать с осуществления первичных технических решений, интегрированных в технологический процесс, а именно: автоматизированное управление технологическим процессом, постадийное сжигание топлива и охлаждение пламени, улучшение конструкции горелок, оптимизация способов присоединения холодильника к печи, выбор топлива и топливных отходов (рисунок 4.6).

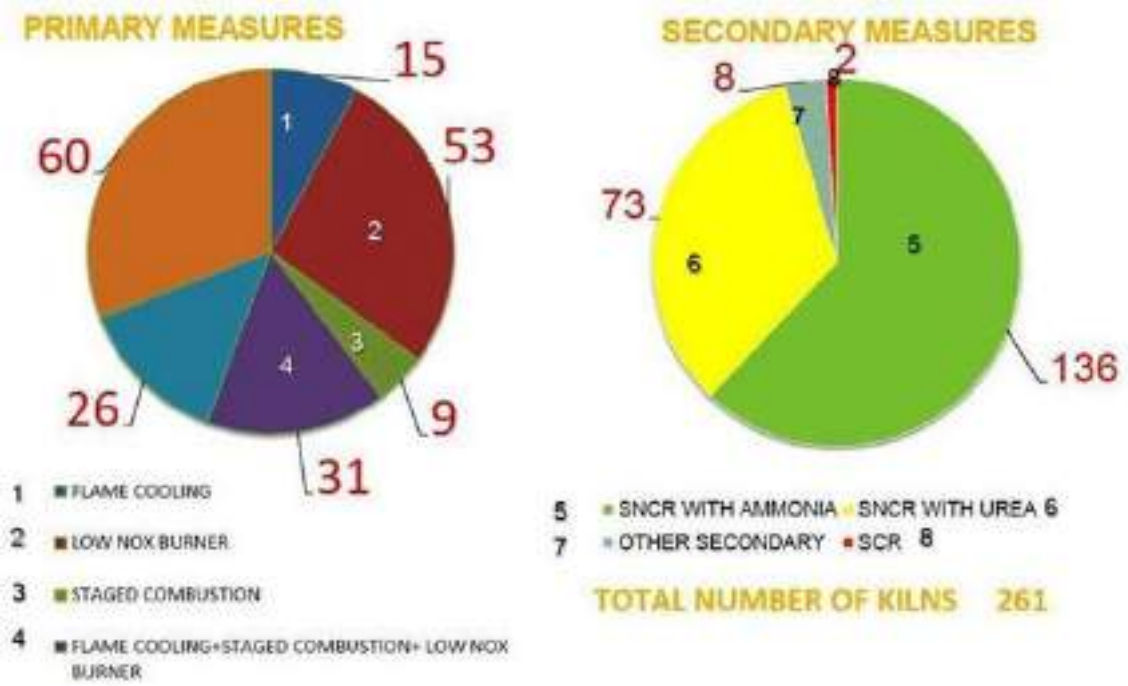


Рисунок 4.6 - Применение различных технических решений по снижению выбросов оксидов азота [65]

Только некоторые печи с циклонными теплообменниками или циклонными теплообменниками и декарбонизаторами после оптимизации процесса работы и применения только первичных мер имеют выбросы NO_x менее 500 мг/нм^3. Качество сырьевых материалов (т.е. их обжигаемость), также как состав топливной смеси и конструкция печи являются причинами, не обеспечивающими достижения указанной величины выбросов оксидов азота. Однако на многих цементных заводах в 28 странах ЕС использование SNCR технологии при объединении с первичными техническими решениями позволило достигнуть снижение NO_x, 200-500 мг/нм^3. В 2020 г. более 200 печей в странах ЕС используют технологию SNCR (около 80% действующих печей). В то время как (2018 г.) технология SCR применялась только на 16 предприятиях [66].

Эффективность различных методов снижения выбросов NOx представлена в таблице 4.3.

Оптимизация процесса обжига, стабильная и оптимальная работы печи и условий обжига, оптимизация процесса контроля, гомогенизации, подачи топлива применяются для снижения выбросов NO_x. Применяется первичная оптимизация технических переделов: контроля процесса, улучшение работы установок непрямого сжигания топлива, оптимизация холодильника, выбора топлива и оптимизация содержания кислорода при обжиге клинкера.

Таблица 4.3 – Технические решения для снижения выбросов NO_x, применяемые при производстве цемента

Техническое решение	Применимость для типов печей	Эффективность снижения выбросов, %	Данные по выбросам, мг/нм^3 1)
Оптимизация процесса обжига	все	25	Снижаются с 1400 до 1000
Охлаждение пламени факела	все	10-35	500-1000
Использование минерализаторов	все	10-15	-
Применение горелок с низким выделением NO_x	все	0-35	500-1000
Сжигание топлива в средней части печи	длинные	20-40	-
Постадийное сжигание топлива,	Декарбонизатор	10-50	800-1000
	Теплообменник		
Технология SNCR	Теплообменник декарбонизатор	30-90	менее 200-500 2)
Технология SCR	Возможно все, теплообменник и декарбонизатор	43-95	200-500 2)

1) Относится к среднесуточным значениям, сухому газу, 273 K, 101, 3 кПа и 10% O_2.
2) Достигается только в современных печах с оптимизированными условиями рабочего процесса.

Как видно из таблицы 4.3, достичь уровней выбросов NOx ниже 500 мг/нм^3 (в соответствии с требованиями действующих экологических норм ЕС или даже ниже 800 мг/нм^3, как в предыдущих правилах ЕС) без применения метода SNCR практически невозможно, за исключением очень редких и особых случаев.

4.1.5.2.1 Охлаждение пламени

Добавление воды в топливо или непосредственно в пламя с использованием различных методов инжекции (впрыскивание жидкости или жидкости + твердого вещества), использование жидких и твердых отходов с высокой влажностью снижает температуру и увеличивает концентрацию гидроксильных радикалов. Это оказывает положительный эффект на снижение NO_x в зоне горения.

Требуется дополнительное тепло для испарения воды, что вызывает небольшое увеличение выбросов CO_2 (примерно 0,1-1,5 %) в сравнении с общим количеством выделяющегося CO_2 в печи. Энергетическая эффективность процесса обжига снижается.

4.1.5.2.2 Горелки с низким выделением NO_x

Конструкции горелок с низким выделением оксидов азота (непрямое сжигание) различаются в деталях, но в большинстве конструкций топливо и

воздух подаются в печь через коаксиальные трубы. Количество первичного воздуха снижается до 6-10 % от требуемого по стехиометрии для горения (обычно 10-15 % в традиционных горелках). Осевой воздух подается с большой скоростью через внешний канал. Уголь вдувается через центральную трубу или через средний канал. Третий канал используется для вихревого воздуха. Закрутка воздуха осуществляется специальными лопатками, расположенными вблизи сопла горелки. Эффект этой конструкции горелки заключается в очень быстром воспламенении топлива, особенно при наличии в топливе летучих соединений, при недостатке кислорода в атмосфере, что ведет к снижению образования NO_x.

4.1.5.2.3 Постадийное сжигание топлива

Постадийное сжигание применяется на цементных печах, оборудованных декарбонизатором специальной конструкции. Первая стадия горения происходит во вращающейся печи при оптимальных условиях обжига клинкера. Вторая стадия - в горелке на входе в печь, где образуется восстановительная атмосфера, которая разлагает часть оксидов азота, накопленного в зоне обжига. Высокая температура в этой зоне особенно предпочтительна для реакции превращения NO_x в элементарный азот. На третьей стадии топливо подается в декарбонизатор с количеством третичного воздуха, вызывающего также образование восстановительной атмосферы. Эта система снижает NO_x, образующийся при сжигании топлива, а также уменьшает количество NO_x, приходящего в печь извне. На четвертой финальной стадии оставшийся третичный воздух подается в верхнюю часть системы для остаточного сжигания. Цементная печь отличается от традиционных местом подачи топлива в печь, распределением путей подачи топлива, печного питания и третичного воздуха, а также геометрической конфигурацией.

Технология постадийного сжигания в основном может быть использована только на печах, оборудованных декарбонизатором. Необходима существенная модификация завода, использующего циклонный теплообменник без декарбонизатора. Если это не может быть связано с увеличением производительности, производителям предлагается решение с так называемым малым воздуховодом третичного воздуха и декарбонизатором. В этом случае в декарбонизаторе получают всего 10-25 % тепла для обжига клинкера, но это способствует образованию восстановительной зоны для разложения оксидов азота. С другой стороны, эксперименты показывают, что в печи, в которой 10 % топлива сжигается на входе в нее, не всегда происходит образование восстановительной зоны.

Сжигание кусковых отходов топлива (например, шины) является одним из вариантов технологии стадийного сжигания топлива, при этом сжигание кусков топлива сопровождается образованием восстановительной атмосферы в зоне обжига. В печах, оборудованных запечными теплообменниками и

декарбонизатором, подача кусков топлива производится на входе в печь или в декарбонизатор.

4.1.5.2.4 Печи со сжиганием топлива в середине печи

В длинных печах мокрого и сухого способа создание зоны восстановления может быть достигнуто за счет сжигания кускового топлива, что может снизить выбросы NO_x. Поскольку в длинных печах нет свободного доступа в зоны с температурой выше 900-1000 °C, система сжигания топлива в середине печи устраивается таким образом, чтобы обеспечить возможность подачи в неё отходов, которые нельзя подать через основную горелку (например, шины).

4.1.5.2.4 Использование минерализаторов при обжиге клинкера

Добавление в сырьевую смесь минерализаторов, таких как фтор, является технологией регулирования качества клинкера, позволяющей снизить температуру в зоне спекания. При снижении температуры обжига одновременно достигается уменьшение образования NO_x, при этом происходит и снижение потребления энергии. Избыточное добавление фторида кальция может привести к увеличению выбросов HF.

4.1.5.2.5 Селективное некаталитическое восстановление (SNCR)

Эта технология включает инжекцию водного раствора аммиака (до 25 % NH_3), водных растворов соединений аммиака или мочевины в дымовые газы для восстановления NO до N_2. Оптимальный температурный интервал протекания реакции - 830-1050 °C при обеспечении достаточного времени контакта восстанавливающего агента с дымовыми газами (рисунок 4.7).

Для определения оптимального температурного интервала для подачи раствора мочевины или аммиака были выполнены лабораторные эксперименты, а также полномасштабные испытания. Подходящий интервал температуры обычно достигается в печах с запечными циклонными теплообменниками, в печах, снабженных циклонными теплообменниками и декарбонизаторами и в печах Леполь. Однако и заводы в ЕС, использующие длинные вращающиеся печи, были оборудованы установками селективного некаталитического восстановления для снижения выбросов NO_x.

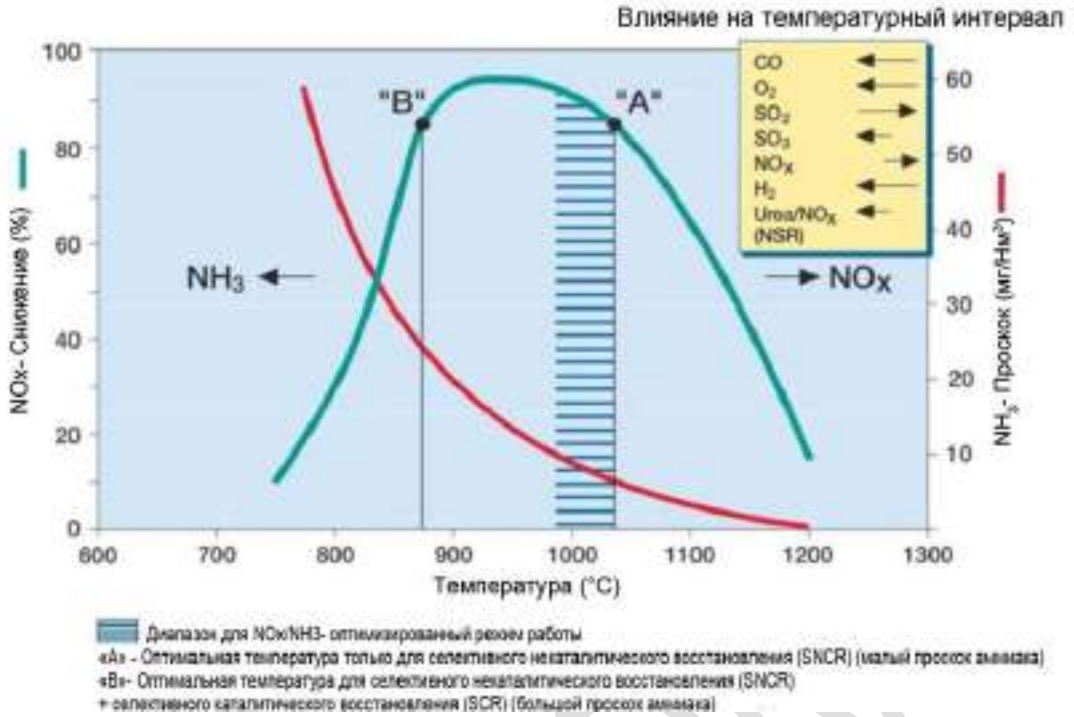


Рисунок 4.7 - Принцип селективного некаталитического восстановления (SNCR) по [2]

На большинстве заводах в ЕС (32 %) применяют раствор мочевины, 27 % заводов используют водный раствор аммиака [2]. Могут использоваться и отходы других производств, содержащие соединения аммиака. Другими возможными реагентами - восстановителями, которые могут применяться в промышленном масштабе, являются газообразный аммиак, растворы солей аммония, сухая мочевина (таблетки мочевины), растворы мочевины, нитрит кальция, цианамид и другие подобные вещества. Склады и транспортные средства проектируются в соответствии с физико-химическими свойствами соответствующих реагентов и требуют дополнительных мероприятий, обеспечивающих безопасность их хранения и переработки. Эксперименты показали, что большинство применяемых растворов аммиака является наилучшим реагентом для технологии некаталитического восстановления оксидов азота в печах, оборудованных теплообменником и декарбонизатором, как показано на рисунке 4.8.

Хорошее распределение аммиака в стехиометрическом количестве является весьма важным для достижения наивысшей эффективности снижения выбросов оксидов азота и снижения количества следов аммиака. Чтобы достигнуть оптимального использования вводимых реагентов - раствора аммиака или мочевины и обеспечить высокую эффективность снижения NO_x, при проектировании и в производстве необходимо иметь в виду следующие моменты, позволяющие технически и экономически улучшить эксплуатацию рассматриваемой системы: инжектирование реагентов должно осуществляться в температурном интервале 830-1050 °С, чтобы предотвратить присутствия следов

аммиака или его сжигание, поскольку это потенциально может привести к образованию вторичного NO_x.

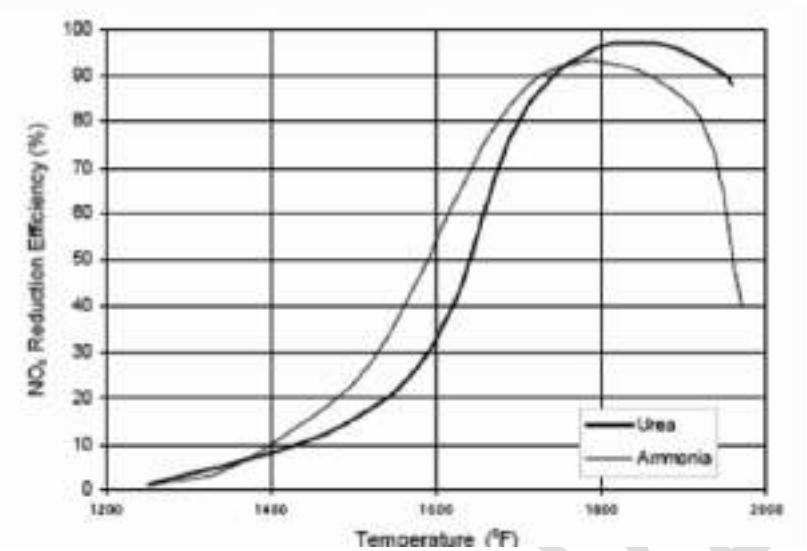


Рисунок 4.8 - Эффективность снижения при использовании мочевины и аммиака

На рисунке 4.9 показаны экспериментальные данные по эффективности снижения NO_x в зависимости от температуры (при различных молярных соотношениях). Максимальная эффективность достигается при температуре около 960°C (реагент не указан).

4.1.5.2.6 Селективное каталитическое восстановление оксидов азота (SCR)

В технологии SCR NO и NO_2 восстанавливаются до N_2 с помощью NH_3 и катализатора при температуре около 300-400 °C. Эта технология широко применяется для снижения NO_x в других отраслях промышленности (теплоэлектростанций, при сжигании отходов).

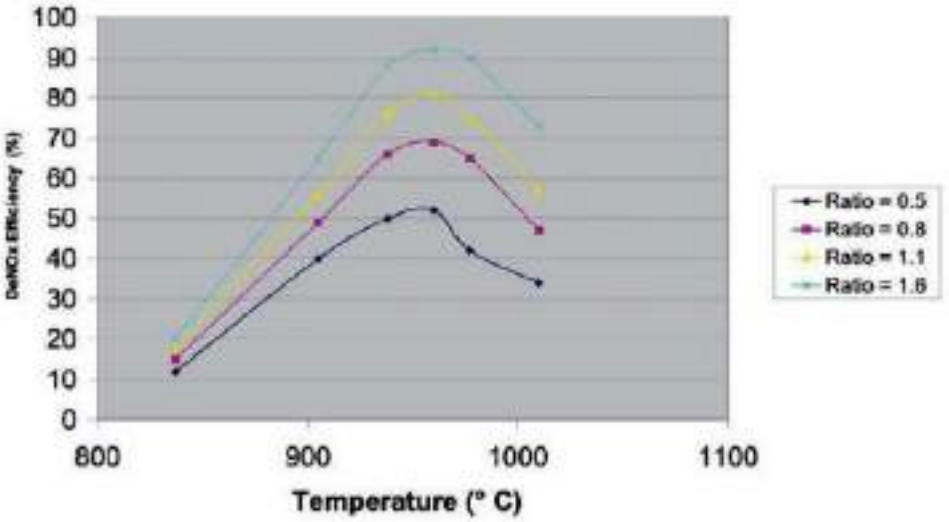


Рисунок 4.9 - Оптимизация расхода мочевины/аммиака при использовании SNCR. DeNQx Efficiency of the SNCR System: n = ($NO_{x\ исход.}$ - $NO_{x\ финал}$) / ($NO_{x\ исход.}$)

В цементной промышленности в основном рассматриваются две системы: установка с низким пылевыделением между системой обеспыливания и дымовой трубой и с высоким пылевыделением - между теплообменником и системой обеспыливания, как показано на рисунке 4.10.

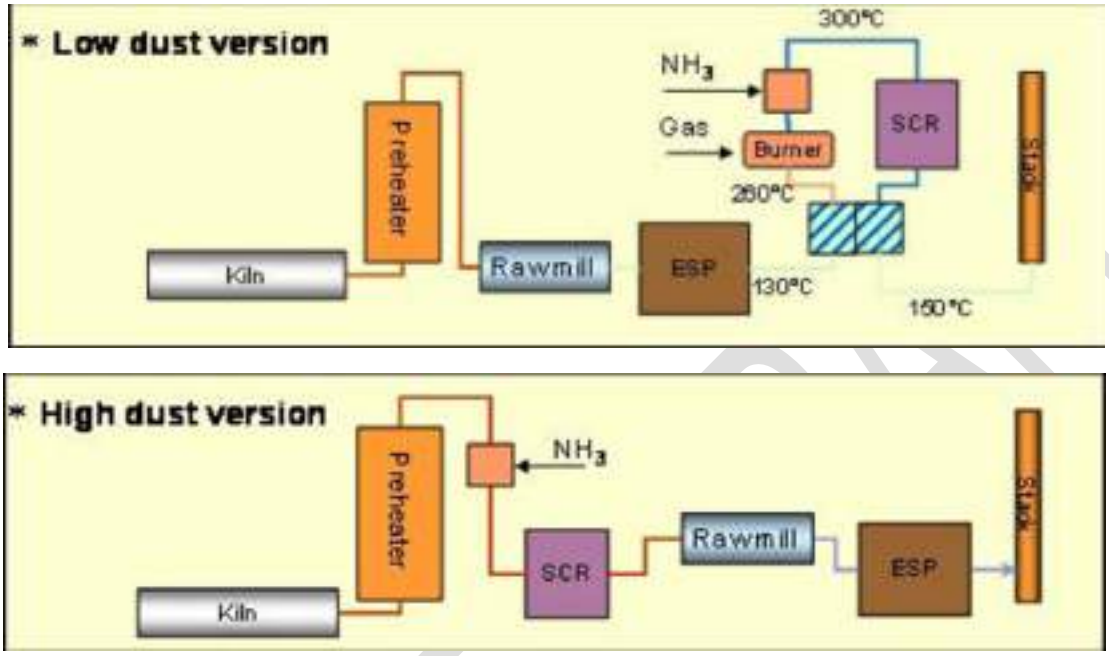


Рисунок 4.10 - Методы SCR с низким (а) и высоким (б) содержанием пыли [63]

Установка системы с низким пылевыделением требует повторного подогрева отходящих газов после их обеспыливания, что сопровождается дополнительными затратами на энергию и потерями давления. Система с высоким пылевыделением газов более предпочтительна по техническим и экономическим показателям. Эта система не требуют дополнительного подогрева, так как температура газов на выходе из теплообменника обычно достаточно высокая для работы с применением SCR технологии.

Поскольку катализаторы разлагают углеводороды, то при внедрении технологии SCR снижаются также выбросы общих органических соединений и выбросы полихлорированных дибензодиоксинов и фуранов.

Выбросы NO_x из вращающихся известьобжигательных печей в зависимости от типа печи, используемого топлива и вида производимой извести лежат в диапазоне 300-2000 мг/нм^3 . Результаты точечных измерений свидетельствуют о том, что 68 % выбросов NO_x составляют менее 500 мг/нм^3. В зависимости от типа печи и вида выпускаемой извести выбросы NO_x из шахтных печей находятся в интервале ниже 100-500 мг/нм^3. Результаты точечных измерений с получасовым интервалом свидетельствуют о том, что 60 % выбросов NO_x шахтных печей менее 100 мг/нм^3, в случае печей с параллельным потоком шахтных пересыпных и прочей конструкции такая величина выбросов

NO_x наблюдается в 80 %, а кольцевых шахтных печей - в 50 %.

Наибольшие выбросы NO_x фиксируются у вращающихся печей. По этой причине приоритетное внимание уделяется контролю выброса вращающимися печами. Возможность снижения выбросов NOx обеспечивается теме же техниками, как и при производстве цемента.

4.1.6 Оптимизация работы печи и параметров, влияющих на образование и выбросы NOx, SO_2 и CO, в зависимости от процессов в печи (мокрый, длинные сухие печи, сухой с циклонными теплообменниками/ декарбонизатором)

Первым шагом контроля выбросов SO_2 является оптимизация технических решений по первичным мерам: оптимизация процесса обжига клинкера, включающая стабильную работу печей, однородное распределение нагретого материала в печи, предотвращение восстановительной атмосферы при обжиге, а также выбор сырьевых материалов и топлива с невысоким содержанием сульфатов.

Концентрация кислорода на входе материала в печь является решающим фактором связывания SO_2 сырьевыми материалами. Увеличение содержания кислорода в длинных печах снижает количество выбросов SO_2 и увеличивает количество NOx. Однако для достижения качества продукции требуется поддерживать избыток кислорода при обжиге клинкера. Поэтому в системе всегда имеется достаточный приток кислорода, чтобы обеспечить образование сульфатов в нижней части циклонного теплообменника или в камере горячих газов колосникового подогревателя печи Леполь, которые выходят из печи совместно с клинкером (рисунок 4.11).

Баланс для защиты окружающей среды должен быть найден оптимизацией соотношения выбрасываемых NOx/ SO_2/ CO путем регулирования содержания кислорода. В тех случаях, когда этих методов недостаточно, могут применяться дополнительные методы «на конце трубы», особенно для обжиговых печей с мокрым и длинным сухим процессом, а также обжиговых печей «Леполь», особенно если используемое топливо имеет высокие концентрации серы.

Для печей сухого процесса с технологией предварительного подогрева (с декарбонизатором или без него) ситуация, касающаяся уровня кислорода в печи и улавливания SO_2, совершенно иная. В печах этого типа улавливание соединений серы в нижней части циклонного теплообменника (часто увеличенное наличием устройства «пылевой завесы») эффективно даже при использовании топлива с высоким содержанием серы (например, нефтяного кокс) и независимо от содержания кислорода в задней части печи (в определенных пределах, совместимых с качеством клинкера и работой печи).)

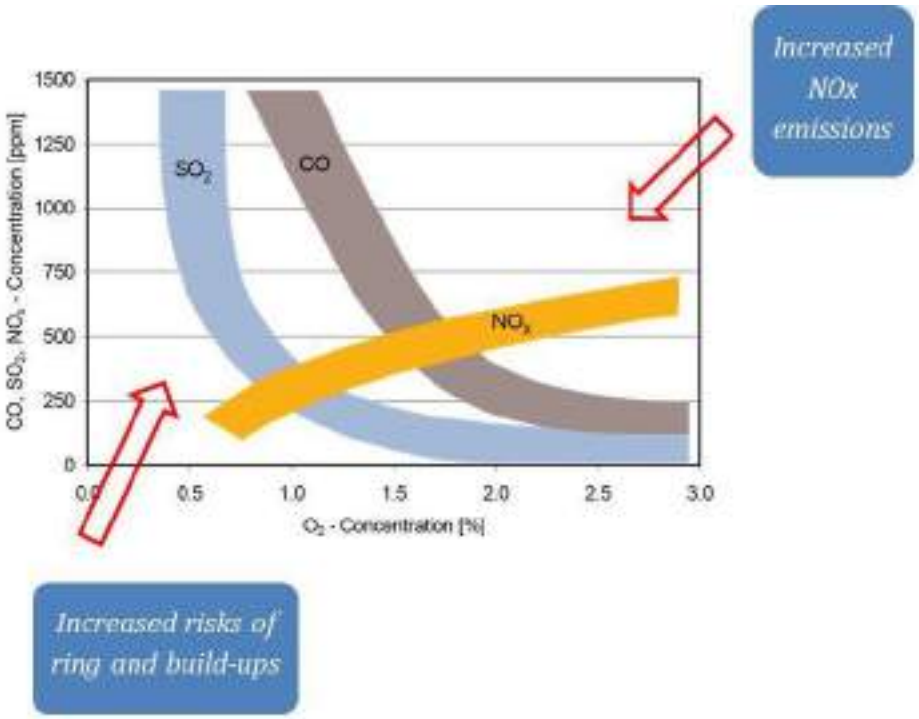


Рисунок 4.11 - Оптимизация работы печи и параметров, влияющих на образование и выбросы NO_x, SO_2 и CO [63]

4.1.7 Техники предотвращения и/или уменьшения выбросов металлов

Сырьевые материалы и топливо всегда содержат металлы. Их концентрация изменяется в широких пределах от одного местонахождения к другому, а на их выбросы в атмосферу влияют очень сложные механизмы. Кроме того, концентрация металлов в топливных отходах изменяется с изменением источника отходов. Все металлы могут быть разделены на 4 класса в зависимости от летучести металлов и их солей:

1. Металлы, которые индивидуально или в смеси представляют собой тугоплавкие, нелетучие вещества, такие как Ba, Be, Cr, As, Ni, V, Al, Ni, Ca, Fe, Mn, Cu и Ag:

- эти металлы обычно полностью адсорбируются клинкером и выводятся вместе с ним, поэтому не циркулируют в печной системе, но в исключительных случаях, если загрузка металла (из сырья и альтернативных материалов, топлива или отходов) слишком высока, выбросы из дымовой трубы могут иметь более высокие, чем обычно, концентрации некоторых из них (например, Ni, Cr и Cu); в отходящих газах имеются только выбросы пыли; величина выбросов пыли зависит только от эффективности пылеотделения; выбросы этих металлов крайне малы;

2. Металлы или их соединения, являющиеся полулетучими: As, Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K и Na:

- эти металлы конденсируются в виде сульфатов и хлоридов в

температурном интервале 700-900 °С и циркулируют в печи; полулетучие элементы аккумулируются в теплообменнике и осаждаются в циклонах, и в большом количестве, почти полностью остаются в клинкере, за исключением случаев, когда загрузка металлов слишком высока, а выбросы из дымовой трубы могут иметь более высокие, чем обычно, концентрации некоторых из них;

3. Таллий или его смесь с летучими соединениями:

- соединения таллия (например, хлорид таллия) конденсируются в интервале 450-550 °С, в случае использования печей с циклонными теплообменниками - в верхней зоне теплообменника, где они могут постепенно накапливаться (внутренняя циркуляция);

4. Ртуть: металл или его соединения крайне летучи:

- ртуть и соединения ртути свободно выходят из печи и теплообменника и только частично адсорбируются сырьевой смесью в зависимости от температуры дымовых газов.

Поведение и уровень выбросов отдельных металлов в процессе обжига клинкера зависит от их летучести, схемы ввода в печь, концентрации металла в сырьевых материалах и топливе, особенно при использовании опасных топливных отходов в качестве сырья и в качестве топлива, вида процесса и, главным образом, от эффективности осаждения металлов в системе сбора пыли.

Металлы, внедренные в процесс обжига через сырьевые материалы и топливо, могут испаряться полностью или частично в теплообменнике и/или в печи в зависимости от их летучести, взаимодействия с соединениями, присутствующими в газовой фазе, и конденсироваться на клинкере, подаваемом в холодильник. Металлы из топлива первоначально поступают в дымовые газы, но выбрасываются вместе с ними из печи в очень малом количестве благодаря удерживающей способности печи и теплообменника. Поскольку отношение сырьевых материалов к топливу в клинкере составляет примерно 10 : 1, вид и природа сырьевых материалов являются решающим фактором для выбросов металлов, но для очень летучих металлов, таких как ртуть, твердое топливо (например, уголь) может вносить значительный вклад в выбросы из дымовой трубы.

Нелетучие металлы и их соединения остаются в процессе и выходят из печи в составе клинкера (более 99,9 % от всего их количества). Соединения полулетучих металлов частично переходят в газовую фазу при температуре обжига, а затем конденсируются на сырьевом материале в холодной части печи. Это приводит к циркуляции металла в печной системе (внутренние циклы), циркуляция металла может происходить только в печи и теплообменника или также охватывать установки сухого помола сырья. Если металлы в значительной степени конденсируются в теплообменнике, они буду возвращаться в печь вместе с материалом. Это приводит к внутренней циркуляции металла (цикл печь/теплообменник). Этот цикл приводит к повышению концентрации металла в местах, где устанавливается равновесие и поддерживается равновесием между входом с сырьем и выходом с портландцементным клинкером.

Летучие металлы и их соединения конденсируются на частицах сырьевых материалов при низкой температуре и потенциально образуют внутренний или наружный циклы кругооборота, если не выбрасываются с выходящим из печи дымовыми газами. Таллий, ртуть и их соединения легко переходят в газовую фазу. Они не связываются в достаточной мере в состав портландцементного клинкера. Таллий и его соединения конденсируются в верхней зоне теплообменника в температурном интервале 450-500 ^{o}C. Таким образом, большая часть таллия, привнесенная в печную систему, остается в теплообменнике. Как следствие этого формируется внутренний или внешний цикл кругооборота металла между теплообменником, зоной сушки сырьевых материалов и системой очистки отходящих газов. Уровень выбросов таллия зависит от его концентрации во внешнем цикле и эффективности работы системы пылеосаждения. Например, концентрация таллия в пыли электрофильтров напрямую зависит от уровня его концентрации в цикле.

Менее распространенные кадмий, свинец, селен, сурьма и мышьяк и их соединения также легко переходят в газовую фазу. Образуется внутренний цикл кругооборота высоколетучих металлов, в котором они реагируют с разложившимся при обжиге материалом или осаждаются на материале, поступающем в холодную часть зоны кальцинации, в теплообменнике или в сушильном отделении.

Металлы из внешнего цикла возвращаются в сырьевую смесь совместно с осажденной в системе пылеулавливания пылью, на которой они конденсируются.

Пыль от производства цемента содержит небольшое количество металлов и их соединений, таких, как мышьяк As, кадмий Cd, ртуть Hg, свинец Pb, таллий Tl, цинк Zn. Главными источниками богатой металлами пыли является печная система с теплообменником и декарбонизатором, вращающаяся печь и клинкерный холодильник. Использование угля и топливных отходов могут увеличивать поступление металлов в технологический процесс. Поскольку металлы, поступающие в печную систему, различаются по летучести, при высокой температуре нагретых газов в цементной печи металлические соединения находятся в также в газовой фазе. Исследования баланса показывают, что имеется низкое удерживание элементов с высокой летучестью в клинкере, они аккумулируются в основном в печной системе.

Для снижения выбросов металлов необходимо осуществлять тщательный отбор сырьевых материалов, топлива и особенно отходов (как альтернативное сырье, так и альтернативные виды топлива), сжигаемых в печи, с целью минимизации содержания в них различных металлов, особенно металлов и их соединений с высокой летучестью. Рекомендуется использовать системы обеспечения качества, гарантирующие соблюдение требуемых характеристик отходов.

Металлы с низкой летучестью почти полностью выводятся из печной системы с клинкером, поэтому принятие каких-либо мер для снижения их

выбросов обычно не требуется, если количество металлов в печи не слишком велико (например, поступление из отходов с высокой концентрацией некоторых металлов).

Металлы с повышенной летучестью, к которым относятся кадмий Cd, таллий Tl, свинец Pb, сурьма Sb, мышьяк As имеют тенденцию к организации кругооборота (рецикла) внутри печной системы и циклонного теплообменника. В процессе кругооборота их концентрация в определенных зонах печи и теплообменника постепенно увеличивается, что приводит к увеличению эмиссии данных металлов и их соединений в атмосферу вместе с пылью. Так как летучие металлы (кроме части ртути), обычно связываются пылью, стратегия уменьшения выбросов металлов напрямую связана со стратегией уменьшения выбросов пыли. Эффективное возвращение пыли снижает выбросы металлов.

Основными способами снижения выбросов этих металлов будут снижение выбросов пыли, особенно тонкодисперсной, менее 10 мкм, из печи для обжига клинкера и разрыв их кругооборота для предотвращения постепенного аккумулирования. Для разрыва кругооборота необходимо использовать систему байпаса дымовых газов. Пыль, уловленную в системе байпаса после резкого охлаждения дымовых газов, особенно пыль фракции менее 10 мкм, рекомендуется использовать в качестве технологической добавки или вспомогательного компонента при помоле цемента.

Особое место среди металлов занимает ртуть Hg. Она обладает высокой летучестью при температурах до 100 °C, практически не оседает на частицах пыли и удаляется из печи вместе с дымовыми газами. Минимизация выбросов ртути обеспечивается снижением температуры отходящих газов. Нелетучие элементы остаются в процессе и существуют в печи как составляющая часть цементного клинкера.

Единственным способом снижения выбросов ртути из цементных печей является минимизация ее содержания во всех материалах, подающихся в печь. В критических ситуациях снижение выбросов ртути из цементных печей может быть достигнуто путем резкого снижения температуры отходящих газов или путем адсорбции на активированном угле (см. НДТ для снижения выбросов SO_2).

Для снижения выбросов металлов при производстве извести следует исключить подачу в печную систему топлива, содержащего повышенное количество металлов. Более того, материалы с повышенным содержанием летучих металлов типа Hg и Tl необходимо подвергать особому контролю.

Тщательный подбор и обеспечение соответствия гарантийным характеристикам поступающих в печь веществ может способствовать снижению выбросов: например, при использовании системы гарантии качества подаваемого в печь отходов, используемых в качестве топлива. При этом особое внимание следует уделять ртути. Ввиду летучести ртути могут возникнуть относительно более высокие уровни её выбросов. Поэтому ввод ртути с горючими отходами необходимо контролировать и, если необходимо, ограничивать.

DRAFT

Эффективное удаление пыли снижает выбросы металлов, так как выделяющиеся металлы (за исключением ртути) в большой мере связаны с пылью. Следует обратить внимание на поглощение с активированным углем.

4.1.8 Техники предотвращения и/или сокращения выбросов CO и несгоревших углеводородов в цементных печах - предотвращение выбросов CO

4.1.8.1 Выбросы CO

Выделение CO и углерода, связанного в органические соединения, в процессе обжига клинкера в печи вызвано наличием небольшого количества органических соединений в природных сырьевых материалах (остатки организмов и растений, включенных в горные породы в ходе геологических отложений). В период нахождения материала в теплообменнике они окисляются с образованием CO и CO_2. В этом процессе из органического углерода также могут образоваться небольшие количества (следы) органических газов. Следовательно, содержание CO и следов органических газов в отходящих газах не позволяет сделать каких- либо заключений по условиям горения топлива в самой вращающейся печи.

Дополнительные выбросы CO могут быть результатом неполного сжигания топлива или неправильно подобранных условий горения в декарбонизаторах. Однако такое увеличение выбросов CO обычно совпадает со снижением выбросов оксидов азота NO_x. В то же время такие восстановительные условия горения могут способствовать образованию и увеличению SO_2, особенно в печах мокрого процесса, длинных сухих печах и печах «Леполь».

На теплоэлектростанциях концентрация CO в отходящих дымовых газах и органически связанный углерод является критерием недожога топлива. В отличие от этого процесс обжига клинкера является процессом превращения материала, который может происходить с избытком воздуха с целью улучшения качества клинкера. Совместно с длительным пребыванием при высокой температуре это приводит к полному сжиганию топлива.

В зависимости от месторождения сырьевого материала от 1,5 до 6 г органического углерода на кг клинкера привносится в процесс с природным материалом. Исследования различных сырьевых смесей показали, что 85-95 % органических соединений в сырьевом материале преобразуются в CO_2 в присутствии 3 % кислорода, но в то же время 5-15% превращается в CO. Количество органических углеродных соединений в этих условиях значительно ниже 1 %.

4.1.8.2 Выбросы ООУ (ЛОС)

В тепловом процессе появление летучих органических соединений (и

оксида углерода) в основном связано с неполным сгоранием топлива. В цементных печах при нормальных и стабильных условиях работы выбросы этих веществ будут меньше благодаря применяемому типу печи, времени пребывания газов в печи, высокой температуре, природы пламени (2000 °C) и избытку кислорода. В этих условиях органические соединения разлагаются с высокой эффективностью (> 99,9999 %). Эти выбросы могут увеличиваться при внезапных остановках или при ненормальных условиях эксплуатации оборудования. Эти события могут появляться с частотой 1-2 раза в неделю или один раз в два - три месяца.

Выбросы летучих органических соединений могут появиться на первых стадиях процесса обжига (теплообменник, декарбонизатор), когда органическое вещество, присутствующее в сырьевой смеси, улетучивается при нагревании материала. Органическое вещество высвобождается при температурах 400-600 °C. Содержание летучих органических соединений в отходящих газах вращающихся печей обычно находится в пределах 1-80 мг/нм^3 или даже меньше (максимальный предел выбросов ЕС для ООУ / ЛОС составляет 10 мг/нм^3, тем не менее, компетентный орган может разрешить отступление от такого предельного значения выбросов в тех случаях, когда ТОС / ЛОС не является результатом совместного сжигания отходов) на основе общего количества органических соединений. Однако в редких случаях выбросы могут достигнуть 120 мг/нм^3 или больше, в зависимости от характеристик сырьевого материала.

Методы / методы борьбы с выбросами ООУ / ЛОС

В нормальных условиях выбросы ЛОС, как правило, невелики, но могут увеличиваться из-за их присутствия в сырье, используемом на заводе. Природное сырье или отходы с высоким содержанием летучих органических соединений не должны выбираться в максимально возможной степени, но если они подаются в печь, как обычно, через используемые питатели, то топливо с высоким содержанием галогенов не должно использоваться в качестве вторичного топлива.

Если концентрация ЛОС окажется высокой, теоретически следует применить технологию адсорбции активированным углем, как описано в другом месте, но в настоящее время она не признана экономичной НДТ.

Выбор, когда это возможно, сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества снижает выбросы CO. Когда в результате неполного сгорания топлива появляется оксид углерода, улавливание выбросов становится менее эффективным. Поэтому при работе установки соблюдается тенденция ограничения выделения CO из печи. Улучшение сжигания, оптимизация и качество топлива, характеристики горелки и ее конфигурация, конструкция печи, температура горения и время пребывания топлива в печи - все это может снизить выбросы CO.

Все технические решения, которые приводят к снижению потребление топлива, также уменьшают количество выбросов CO_2. Выбор, при возможности, сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества и топлива

с низким отношением количества углерода и величины его калорийности снижает выбросы CO_2.

4.1.8.3 Проскок CO

Выделения пыли из-за проскока CO могут увеличиваться при использовании электрофильтров, и, в некоторых случаях, гибридных фильтров. Из соображений безопасности электрофильтры должны быть выключены при появлении CO в отходящих газах.

Чтобы снизить время отключения электрофильтра, необходимо выполнить следующие мероприятия:

- дать объективную оценку ситуации и выявить основные причины, влияющие на появление CO, а именно:

- нарушение режима обжига;

- высокий уровень CO из-за высокого содержания органических соединений в сырьевом материале;

- нарушения в питании печи топливом;

- нарушения процесса сжигания топлива.

- сравнить текущую и оптимальную ситуацию, установить приоритеты;
- оптимизировать процесс, обеспечить анализ системы, надежности и скорости технических решений.

Чтобы идентифицировать причины и направление действия, а также разработать необходимые технические решения, требуется следующая информация:

- информация о наличие, надежности и динамики поведения анализируемого оборудования;
- информация о статистике появления CO;
- информация об используемом топливе, системы подачи топлива и процессе.

Система питания топливом, спроектированная для предотвращения волнообразной подачи в печь и обеспечения стабильной работы системы сжигания, может минимизировать появление проскоков CO.

Для того, чтобы контролировать уровень CO в печи, используется автоматический измеритель для постоянного контроля CO в отходящих газах. Это техническое решение нуждается в оптимизации для того, чтобы обеспечить необходимое отключение электрофильтров. Идеальная система контроля CO имеет короткое время отклика и должна быть расположена близко к источникам выделения CO, таких как выход из циклонного теплообменника или из печи в случае применения мокрого способа производства. Необходимо учитывать время на анализ, включая время отбора пробы. Идеально это время не должно превышать 20-30 сек (время запаздывания анализа). Для сокращения времени отключения электрофильтра необходимо учитывать тенденции изменения CO на

основе ранее полученной, накопленной и проанализированной информации.

Время запаздывания при контроле CO может быть снижено увеличением количества образцов, сокращением расстояния от точки отбора пробы до анализатора, снижением объема анализируемой пробы и быстрым электронным описанием сигнала. Быстрое определение состояния системы можно обеспечить в течение менее 3 сек, но имеется ограничение для газов с большим количеством пыли. Необходимы также постоянный уход и калибровка режима работы прибора. Возможность анализатора такова, что имеется соответствующий критический диапазон показаний, при котором можно определять компоненты: до 5 % для CO и 3% для CH_4.

Если появление CO не может быть предотвращено, любые воспламеняющиеся источники, особенно оборудование с высоким напряжением (электрофильтры) требуют специального внимания. Другим источником, который потенциально может привести к возгоранию или взрыву в системе пылеочистки, может быть трение твердых тел или вентилятор. Критическими параметрами считаются присутствие в газах более 8 % CO или CH_4 в присутствии более 6 % O_2. Фактически при проскоке CO рост его концентрации в газах происходит очень быстро и может достичь критического значения еще до осуществления анализа, хотя и в этом случае система должна поднять тревогу. Поэтому уровень срабатывания системы отключения и сигнализации должен быть настроен значительно ниже критического; в добавок он зависит от концентрации CH_4 и H_2, особенно при использовании природного газа в качестве топлива.

Отключение электрофильтров происходят в основном на стадии пуска - остановки печи. Для безопасной работы и защиты электрофильтра газоанализатор должен работать постоянно на всех стадиях процесса. Время отключения электрофильтра на заводе может быть снижено использованием дублирующей системы. Стандартный этап действия для предотвращения проскока CO в электрофильтре может первоначально включать снижение питания топлива и высокого уровня напряжения. Затем система нуждается в очистке действующим вентилятором. Время необходимой очистки может быть определено таким же способом, как и время простоя.

4.1.9 Методы предотвращения и / или сокращения выбросов CO и несгоревших углеводородов (ООУ) в печи для обжига извести

4.1.9.1 Выбросы CO

Выбросы CO известеобжигательных печей составляют, в зависимости от типа печей и вида топлива от 100 до 2500 мг/нм^3. Примерно до 50 % точечных измерений показывают, что выбросы CO меньше 100 мг/нм^3. Концентрацию CO измеряют в основании печной трубы, так как при попадании в атмосферу CO быстро окисляется до CO_2 и рассеивается.

Ввиду того, оксид углерода (CO) образуется в результате неполноты сжигания топлива, его наличие обычно приводит к снижению производительности, и поэтому операторы стремятся ограничить выброс CO управляемых ими печей.

Выброс CO в поступающих в трубу отходящих газах вращающихся печей контролируют непрерывно. При наличии серы в извести или топливе выброс CO связан с заданным качеством извести. Выбросы CO из вращающихся печей в зависимости от качества топлива составляют 100-400 мг/нм^3.

В соответствии с конструкцией кольцевые шахтные печи эксплуатируют таким образом, чтобы горелки нижнего ряда работали с избытком кислорода, а горелки верхнего ряда при его стехиометрическом соотношении. В результате типичные выбросы CO этих печей составляют 100-2500 мг/нм^3.

В шахтных печах других типов не представляется возможным количественно измерить выбросы CO.

Следует подчеркнуть то обстоятельство, что по сравнению с печами других видов наличие выбросов CO в случае шахтных пересыпных печей не является признаком неполноты горения. Условия эксплуатации известеобжигательных печей определяются требованиями к качеству продукции, т.е. необходимыми свойствами получаемой извести. Чем выше выбросы CO, тем выше энергопотребление печи: каждый процент повышения выбросов CO увеличивает расход энергии на 200 кДж/кг извести. Поэтому печи эксплуатируют таким образом, чтобы обеспечить минимальные выбросы CO, гарантирующие допустимые показатели продукции. В известковой продукции Германии в целях оптимизации поддерживают уровень выбросов CO в отходящих газах менее 3 % [2], что является единственным решением оптимизации процесса с точки зрения снижения выбросов CO. При обжиге в шахтных пересыпных печах продукции с конкретными свойствами необходимо поддерживать уровень выбросов CO между 1 и 6 %. Однако для определенных целей нужна сильно обожженная известь, которую получают в шахтных пересыпных печах. Выбросы CO таких печей в зависимости от вида топлива находится на уровне 100-400 мг/нм^3.

Некоторые известняки содержат углерод, который в процессе обжига извести может вызывать более высокий выброс CO, как например, в случае производства гидравлической извести в шахтных печах или печах другой конструкции, когда известняк содержал 65-90 % $CaCO_3$ и $MgCO_3$. Чистота этого сырья отличается от чистоты сырья, используемого для производства другой извести. В ходе периодических (два раза в год) измерений в период выбросы CO при точечных измерениях при стандартном содержании O_2 10 % составили 4541-9555 мг/нм^3.

4.1.9.2 Выбросы ООУ

Выбросы летучих соединений углерода обычно измеряют как общий

ПРОЕКТ DRAFT

органический углерод (ООУ). Результаты специального анализа показывают, что часть ООУ представлена метаном, при этом зафиксировано и наличие бензола. В выбросах шахтных пересыпных печей 80-90 % составляет метан и 2 % - бензол.

Выбросы летучих соединений углерода часто связывают с выбросами CO, образующегося в результате неполного сгорания топлива. Ввиду того, что операторы придерживаются тенденции ограничения выбросов CO, выбросы летучих соединений углерода в основном низки. Однако в очень ограниченном ряде случаев, когда в сырье, известняке содержится до 0,1 % органического материала, могут быть выбросы летучих органических соединений.

Во всех типах печей кроме печей с параллельным потоком и шахтных пересыпных печей выбросы до 10 мг/нм^3 (в перечете на эквивалентный углерод) имеют место лишь в течение короткого периода пуска и нарушения режима. У печей с параллельным потоком материала процесс связан с изменением цикла каждые 10-12 мин. И поэтому уровень выбросов летучих соединений углерода незначительно выше уровня, наблюдаемого в печах другой конструкции. Что качается шахтных пересыпных печей, то более высокие выбросы ООУ можно связать с особыми условиями процесса, протекающего в верхней части печи (восстановительный режим).

При производстве извести подбор при возможности сырьевых материалов с пониженным содержанием органических материалов может также снизить выбросы CO. Однако выбор сырьевого материала зависит от типа печи и/или от вида производимой (например гидратной) извести.

4.1.9.3 Отключение электрофильтров

При повышении уровня CO в дымовых газах в целях безопасности следует отключить электрофильтры. Менеджмент регулирования выбросов CO, который был разработан для цементных печей, соединенных с электрофильтрами, применим и к оснащенным электрофильтрами вращающимся известеобжигательным печам. Однако в случае известеобжигательных печей интенсивность выброса пыли (кг/т продукции) намного ниже, чем у цементных, вследствие дезактивации электрофильтров из-за использования более крупного известняка и отсутствия системы повторного использования пыли.

4.1.10 Выбросы CO_2 от печей для обжига клинкера и извести

Как в процессах производства клинкера, так и извести, выбросы CO_2 связаны с кальцинированием карбонатов используемого сырья, в основном известняковых пород (и, в гораздо меньшей степени, сжигания органического углерода, содержащегося в этом сырье) и сжиганием печного топлива, связанного с производством клинкера и извести.

В ЕС и в большинстве стран мира выбросы CO_2 определяются и регистрируются как выбросы парниковых газов (ПГ).

Киотский протокол был создан в 1997 г., вступил в силу в 2005 г. и подписан более чем 190 странами. Его основная цель заключалась в сокращении выбросов парниковых газов в промышленно развитых странах как минимум на 5% по сравнению с уровнями 1990 г. в период 2008-2012 гг. В настоящее время этот протокол был обновлен до Парижского договора, вступившего в силу с 2016 г., который ставит своей основной целью удерживать повышение глобальной температуры ниже 2 ° C по сравнению с доиндустриальными уровнями.

В ЕС и некоторых штатах США выбросы CO_2 контролируются и сообщаются в соответствии со схемами выбросов парниковых газов, которые в ЕС включают схему торговли выбросами (ETS).

Сегодня технологии для контроля выбросов CO_2 в цементном и известковом секторах находятся в стадии разработки, и сокращения, достигнутые за последние 20 лет, были в основном сосредоточены на двух основных аспектах: сокращение энергии (электрической и термической), необходимой для производства продукции, а также в цементном секторе - частично заменить клинкер другими материалами (вяжущие / добавки).

Следовательно, в настоящее время нет НДТ для сокращения выбросов CO_2 для цементной и известковой промышленности, за исключением многих мероприятий, проводимых в рамках сокращения энергопотребления и замены клинкера для цементного сектора.

4.1.10.1 Клинкерные печи

Подсчитано, что выбросы CO_2 составляют 900-1000 кг/тонну серого клинкера при потреблении тепла 3500-5000 МДж/т клинкера, однако эта величина зависит от типа применяемого топлива [2]. Благодаря измельчению цемента с минеральными добавками, количество выделяемого CO_2 снижается в пересчете на тонну цемента.

Около 62 % от общего количества CO_2 выделяется в процессе декарбонизации известняка сырьевой смеси, а оставшееся 38 % - при горении топлива. Выделение CO_2 при сгорании топлива прямо пропорционально удельному расходу тепла на обжиг клинкера и отношению содержания в нем углерода к его теплотворной способности.

За последние 25 лет выделение CO_2 при сгорании топлива снизилось примерно на 30 % в связи с постоянным увеличением эффективности процессов его сжигания в печи.

4.1.10.2 Печи для обжига извести

Основные химические реакции производства извести/ доломита можно представить:

- известь кальциевая: $CaCO_3$ + энергия → CaO + CO_2(процесса) + CO_2(горения)

- известь доломитовая: $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ + энергия → $CaO \cdot MgO$ + CO_2 (процесса) + CO_2 (горения).

CO_2 (процесса декарбонизации) представляет выбросы при получении кальциевой/ доломитовой извести. CO_2(горения) представляет выбросы от сжигания топлива.

В таблице 4.4 сопоставлены количества CO_2 процесса декарбонизации и горения, образующиеся в печах разного типа.

Таблица 4.4 - Факторы, влияющие на выбросы CO_2 из известеобжигательных печей различного типа [2]

Тип печи	CO_2(процесса)/ т CaO кальциевой извести	CO_2(процесса)/ т CaO доломитовой извести	CO_2(горения)т/ т кальцивой/ доломитовой извести	Суммарный выброс CO_2
Длинные вращающиеся	0,785		0,365-1,062	1,150-1,847
		0,913		1,278-1,975
Вращающиеся с запечным теплообменником	0,785		0,269-0,617	1,054-1,402
		0,913		1,182-1,530
С параллельным потоком	0,785		0,202-0,425	0,987-1,210
		0,913		1,115-1,338
Кольцевые	0,785		0,224- 0,465	1,009-1,250
		0,913		1,137-1,378
Пересыпные	0,785		0,224-0,708	1,009-1,483
		0,913		1,137-1,621
Прочие	0,785		0,224-0,508	1,009-1,290
		0,913		1,137-1,419

Выбросы CO_2 в расчете на 1 т негашеной извести снижаются не только путем замены старых печей на более эффективные, но и за счет совершенствования энергозатрат (например, более совершенного контроля процесса) и увеличения производительности (например, снижения выхода пыли).

4.2 Работы, связанные с пылью: техники хранения и складирования опасных и сыпучих материалов

При производстве цемента и извести не используются опасные материалы, за исключением случаев, когда опасные отходы используются в качестве альтернативного сырья или альтернативного топлива, но в этом случае определены и внедрены строгие процедуры (см. раздел 4.9 в главе 4).

Для того, чтобы изначально снизить неорганизованные выбросы пыли из расположенных на открытом воздухе хранилищ сыпучих материалов, штабелей и прочих источников пылящих сырьевых материалов или топлива, эти

источники пыли необходимо изолировать экранированием, устройством перегородок или вертикальной растительностью (с помощью искусственных или природных препятствий для раздувания пыли ветром)

Использование для хранения материалов силосов или полностью автоматизированных хранилищ рассматривается как эффективное решение проблемы выбросов диффузной пыли из объёмных штабелей. Для предотвращения выбросов диффузной пыли в ходе операций погрузки и выгрузки такие хранилища оборудуют одним и более тканевым фильтром. Снижения выбросов штабелями диффузной пыли можно добиться соответствующим увлажнением на участках загрузки и выгрузки и использованием расположенных на надлежащей высоте конвейеров. В том случае, если не удается избежать выбросов диффузной пыли, их уровень можно снизить подбором высоты разгрузки и высоты хранящегося материала. Эти операции проводят либо в автоматическом режиме, либо снижением скорости разгрузки.

Кроме того, такие участки (если они расположены в сухой местности) следует увлажнять специальными разбрызгивающими устройствами и очищать специальными грузовиками. В том случае, если техническое решение связано с использованием увлажнения или разбрызгивающих устройств, необходимо уплотнить поверхность основания и обеспечить сбор избыточной воды, которую можно использовать в замкнутом оборотном цикле.

Для предотвращения выбросов диффузной пыли при разгрузочных операциях их предлагается осуществлять под вакуумом. Новые постройки можно легко оборудовать стационарными системами для вакуумной очистки, в существующих строениях предпочтительно использовать мобильные системы с гибкими соединениями. Для снижения выбросов диффузной пыли на участках поверхности, где передвигаются грузовики, эти поверхности по возможности иметь покрытие, поверхность которого необходимо очищать. Увлажнение поверхности покрытия особенно в сухую погоду может способствовать снижению выбросов диффузной пыли. Для снижения таких выбросов до минимума следует обеспечить содержание помещений в чистоте.

При осуществлении локальных увлажнений растет расход воды. Использование вакуумных систем связано с увеличением расхода электроэнергии. В процессе обслуживания оборудования могут появиться дополнительные отходы.

4.3 Потребление воды и методы сокращения сбросов в наземные и водные объекты/ потоки

4.3.1 Водопотребление при производстве цемента

В основном цементная промышленность не имеет производственных сточных вод, тем не менее, воду на заводах необходимо рециркулировать в

максимально возможной степени, в частности, путем обеспечения замкнутого контура для охлаждения и ограничения / рециркуляции количества воды, используемой для операций по очистке (например, мойки/подъема мобильного тяжелого оборудования, например, самосвалов, фронтальных погрузчиков и т.д.), которые обычно являются двумя основными видами использования промышленной воды, не потребляемой в самом процессе.

В цементном производстве сухого или полусухого способа вода используется в небольшом количестве для процесса очистки. Если очищающая вода не рециркулируется, необходимо принять меры для обеспечения надлежащей обработки сточной воды (например, осаждение взвешенных твердых частиц в накопительных насыпях, резервуарах или резервуарах для сбора жира, маслоотделитель и т. д.) перед сбросом в естественную среду.

В принципе, сбросов в воду не происходит, потому что вода возвращается в производственный процесс (например, башня кондиционирования газа, закачка воды в цементные мельницы, если требуется, и т. д.).

Вода, используемая для охлаждения некоторого оборудования завода (подшипники мельниц, печей и т. д.), должна быть переработана (замкнутый цикл) не только для снижения общего потребления воды на площадке, но и для минимизации рисков загрязнения (например, вода, загрязненная нефтесодержащие продукты), если вода сбрасывается в естественные грунты, в водоем или ручей.

При полумокром способе шлам обезвоживается в фильтрпрессах. В мокром способе вода используется для помола сырьевых материалов для получения шлама. Используемые сырьевые материалы часто имеют высокую влажность. Шлам или используется для питания печи, где вода испаряется, или вначале направляется на сушку.

Вода, которая иногда используется для охлаждения клинкера, непосредственно испаряется в процессе охлаждения при высокой температуре клинкера.

В регионах с дефицитом воды новые заводы должны быть спроектированы таким образом, чтобы не было расхода воды. Забор грунтовых вод в этих регионах также должен быть сведен к минимуму путем разработки альтернатив, таких как сбор дождевой воды либо с самого начала завода, либо включенный в будущую эволюцию завода для частичной или полной замены других водозаборов для удовлетворения потребностей завода и карьера в воде.

В регионах с дефицитом воды установки с высоким потреблением воды, такие как автономные электростанции и системы кондиционирования газа, должны проектироваться с использованием соответствующих решений, не использующих воду.

При обработке отходов на месте сети должны быть разделены с помощью защитного резервуара, способного вместить все утечки, образующиеся для борьбы с пожарами в хранилищах отходов.

В нормальных условиях эксплуатации участки обращения с отходами не

связаны с единой точкой сброса завода (рисунок 4.12).

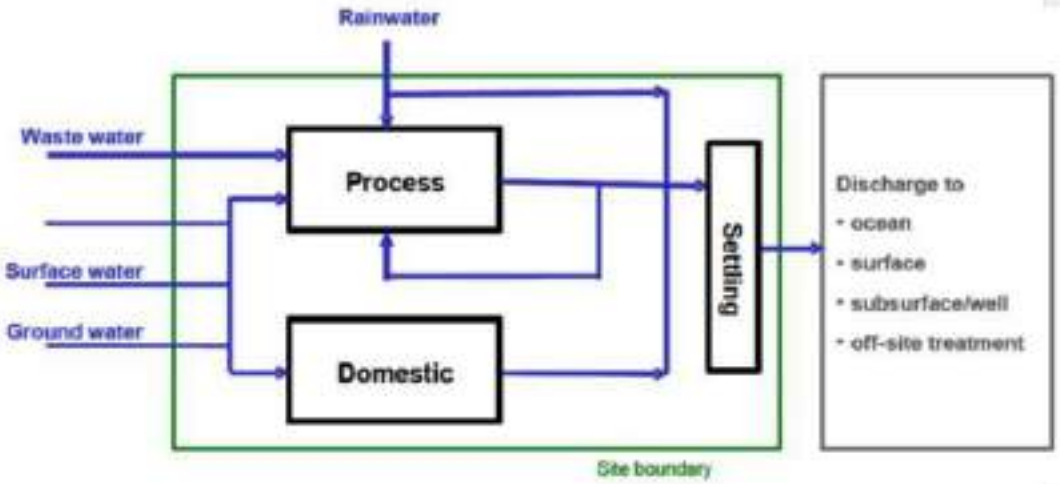


Рисунок 4.12 - Основные потоки воды на цементно-известковом заводах

Передовой опыт управления водопотреблением:

• регулярный контроль и проверка счетчиков воды (например, один раз в месяц), включая использование воды из колодца, если применимо. При обнаружении чрезмерного расхода воды по сравнению с обычными цифрами следует принять меры по устранению недостатков;

• отчетность о потреблении промышленной и питьевой воды должна вестись регулярно (не реже одного раза в год).

Сточные и бытовые воды, перелив охлаждающей жидкости (если нет замкнутого контура) и вода для ополаскивания грузовиков, дождевая вода должны контролироваться с точки зрения качества и количества.

4.3.2 Водопотребление при производстве извести

Добываемые в карьере сырьевые материалы для производства извести могут содержать небольшие количества глины и песка. В этом случае перед подачей в печь известняк промывают. В зависимости от природы и количества примесей расход воды на эти цели составляет 0,5-2 $м^3$/т. После использования промывная вода содержит в 1 л 50-200 мл суспензии твердого вещества, что соответствует 5-20 г/л. В целом промывная вода не содержит других загрязняющих веществ. В качестве воды для промывки известняка используют либо воду поверхностных источников, либо получающуюся при добыче грунтовую воду. Другими источниками воды являются дождевая вода и вода из артезианских скважин.

Очищенная вода вновь используется в процессе промывки. Оборотная вода восполняет 85 % необходимой для промывки воды,15 % приходится на использование свежей воды.

В результате обработки в сгустителе или при механическом

обезвоживании с помощью пресса получается кек с остаточной влажностью до 20 %.

Во многих странах мира при производстве цемента и извести критерии качества сточных вод должны соответствовать правилам страны или региона.

При отсутствии нормативных требований для заводов по производству цемента и извести часто требуются следующие критерии:

1. Взвешенные твердые вещества <30 мг/л;
2. Углеводороды <5 мг/ л;
3. ХПК <50 мг/л;
4. БПК <40 мг/л.

4.4 Техники контроля загрязнения земли/почвы и управления отходами

Производство цемента неизбежно сопровождается образованием, накоплением, временным хранением, удалением отходов производства и потребления. Все образующиеся отходы при неправильном обращении могут оказывать негативное влияние на окружающую среду.

В целях предотвращения загрязнения компонентов природной среды все отходы производства и потребления должны собираться, храниться, обезвреживаться, транспортироваться и размещаться в соответствии с действующими нормативами и стандартами РК.

На предприятиях должна действовать единая система управления отходами, которая заключается в следующем:

- идентификация образующихся отходов;
- раздельный сбор отходов (сегрегация) в местах их образования с учётом целесообразного объединения видов по степени и уровню их опасности с целью оптимизации дальнейших способов удаления;
- накопление и временное хранение отходов до целесообразного вывоза;
- сбор отходов на отведенных и обустроенных бетонированным покрытием площадках;
- вторичное использование определённых видов отходов на собственном производстве;
- транспортировка под строгим контролем с регистрацией движения всех отходов;
- передача отходов на договорной основе организациям, осуществляющим вывоз, переработку и размещение отходов.

Места организованного временного хранения (накопления) отходов (в том числе бочки, ёмкости, контейнеры, складские помещения, открытые площадки) должны соответствовать экологическим и санитарно-эпидемиологическим требованиям.

С целью минимизации воздействия образующихся отходов на окружающую среду, предприятия по производству цемента должны на

постоянной основе планировать и реализовывать мероприятия по обращению с отходами, которые включают в себя:

- учет отходов: образовавшихся, полученных, накопленных, повторно использованных, размещенных и переданных другим лицам;
- безопасное хранение отходов до их повторного использования и/или переработки и передаче сторонней организации;
- своевременное заключение договоров на передачу отходов с предприятиями, имеющими лицензии на осуществление деятельности по использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов;
- разработку проектов нормативов образования и размещения отходов, паспортов опасных отходов;
- контроль по соблюдению нормативов образования и лимитов на размещение отходов;
- разработка программы управления отходов с постепенным сокращением объемов отходов.

4.4.1 Методы управления отходами на объектах цементной промышленности

Повторное использование

Часть образующихся отходов может быть повторно использована на цементном заводе с учетом требований процесса и характеристик конкретной продукции.

Печная пыль непосредственно может быть возвращена в процесс производства или использована для других целей. Возврат пыли может проводиться напрямую в печь либо совместно с подачей в печь сырьевой смеси (в этом случае ограничивающим фактором является концентрация щелочных металлов), либо после смешивания с цементом.

Использование вторичных материалов в качестве сырья

Промышленные отходы (необожженное сырье, не кондиционная смесь сырьевых материалов (известняк, глина), обломки футеровочного огнеупорного кирпича) могут быть использованы как составляющая часть сырьевой смеси.

В производстве цемента используются собственные и сторонние минеральные добавки, в том числе камень гипсовый и гипсоангидритовый, железосодержащие добавки (огарки, металлургический шлак, железная руда), отходы абразивных изделий, строительный песок, алевролит, гранулированные шлаки, золошлаковые отходы. Часть отработанных масел используется повторно на производственные нужды предприятия, в том числе для смазки узлов технологического оборудования.

В ЕС и во многих странах мира при розжиге вращающихся печей в качестве дополнительной топливной добавки к топливу используются ветошь промасленная, отработанные масла. Часть отработанных масел используется повторно на производственные нужды предприятия, в том числе для смазки узлов технологического оборудования. Действительно, цементный процесс - очень хороший инструмент для избавления от маслянистой ветоши (либо извне, либо созданной цементным заводом), в противном случае маслянистая ветошь часто попадает на свалки, где они загрязняют почву и грунтовые воды.

Что касается отработанного масла, то даже, если в правилах ЕС указано, что предпочтительным способом утилизации отработанного масла является его переработка, отработанное масло также можно использовать в качестве альтернативного топлива в любом процессе сжигания, например, в печах для обжига цемента и извести. Действительно, часто не хватает промышленных мощностей для переработки всего отработанного масла, произведенного в данном регионе или стране.

В настоящее время согласно Национальному стандарту Республики Казахстан СТ РК 3129-2018 «Ресурсосбережение. Отходы. Масла смазочные отработанные» отработанные масла и отработанная продукция, в том числе предназначенная не для целей получения смазочных материалов и масел, включая отходы регенерации, в исключительных случаях с разрешения компетентных органов государства в области природопользования и охраны окружающей среды могут использоваться в качестве одного из компонентов при приготовлении топлива, которое предназначается для применения исключительно на энергетических установках. Однако, при пересмотре нормативной документации в Республике Казахстан, возможно будет использовать опыт ЕС.

Передача на переработку/ размещение

Материалы, которые нельзя возвращать в производственный процесс, отправляются с завода для использования в других отраслях промышленности или для переработки отходов вне завода на других установках сторонним специализированным предприятиям на договорной основе.

Использование энергетического потенциала отходов: получение энергии из отходов

Использование отходов в качестве альтернативного топлива представлено в разделе 4.9.

4.4.2 Техники контроля загрязнения почвенного покрова

ПРОЕКТ DRAFT

Для предотвращения загрязнения и деградации почвенного покрова могут быть реализованы следующие эксплуатационные меры:

- сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух за счет применения высокоэффективного оборудования и технологий по очистке выбросов загрязняющих веществ;
- орошение пылящих поверхностей (увлажнение дорожного полотна не только снижает пылеобразование, но и уплотняет полотно дороги, что предотвращает ветровую эрозию);
- создание и поддержание в рабочем состоянии поверхности промышленной площадки, не допускать загрязнения, захламления, включая проведение мероприятий по предотвращению или быстрой ликвидации утечек и разливов, а также обеспечение обслуживания дренажных систем и других подземных коммуникаций;
- обеспечение на предприятии герметичности внешних и всех внутренних сооружений, оборудования для очистки сточных вод с организацией надёжной гидроизоляции прудов-отстойников, аварийных резервуаров и др.;
- исключение проезда транспорта по бездорожью (интенсивное непорядочное движение автотранспорта может привести к разрушению поверхностной солевой корочки и активизации процесса ветрового и солевого переноса, а также развитие процессов дефляции;
- организация хранения, погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки глинистого сырья на цементный завод и вскрышных пород в отвалы, обеспечивающих минимизацию попадания пылящих материалов в окружающую среду; погрузка и разгрузка материалов осуществляется только в специально отведенных местах, защищенных от утечки стоков.
- своевременное техническое обслуживание эксплуатируемого оборудования, техники с целью проверки на целостность, герметичность во избежание проливов ГСМ и загрязняющих веществ;
- четкая систематизация процессов образования, удаления и обезвреживания всех видов отходов. Отходы, планируемые к утилизации, собираются и хранятся в специально отведенных местах, защищенных от утечек;
- сохранение почв посредством поэтапного селективного снятия, складирования и дальнейшего использования плодородного и потенциально плодородного слоев почвы при восстановлении нарушенных территорий;
- восстановление рельефа территории ведения работ, проведение рекультивации нарушенных земель (отвалов вскрышных пород);
- сохранение почв посредством поэтапного снятия, складирования и дальнейшего использования плодородного и потенциально плодородного слоев почвы при восстановлении нарушенных территорий.

4.5 Техники управления и снижения уровня шумового воздействия

4.5.1 Снижение уровня шумового воздействия при производстве цемента

Шум генерируется во всем цементном производстве, начиная от приготовления сырьевых материалов, сырьевой смеси, в процессе обжига, получения цемента и заканчивая складированием цемента и его отправкой.

Такими источниками являются добыча сырья и его переработка, получение клинкера и цемента, установки дробления, помола и приготовления сырья, цементные печи сами по себе, мельницы для помола цемента, ленточные конвейеры, фильтры, холодильники, такие как рекуперaторный холодильник и др. Шум появляется во всем производственном процессе, начиная со взрыва на карьере до получения конечной продукции.

Образование шума сопровождает все стадии производственного процесса от добычи и подготовки сырья до процесса получения извести и складирования материалов до выгрузки и отправки готовой продукции. Например, при производстве извести подача кусков известняка в печь может вызывать шум и/или вибрацию такой интенсивности, которая требует специальных мероприятий для ослабления.

Тяжелые машины и большие вентиляторы, используемые в различных переделах цементного производства, имеют высокий уровень шума и создают вибрацию, особенно от следующих машин и операций:

- желоба и хопперы;
- любые операции, включающие фракционирование, дробление, измельчение, грохочение сырьевых материалов, топлива, клинкера и цемента;
- дымососы;
- вентиляторы;
- вибраторы.

Заводы должны выполнять требования национальных стандартов по снижению уровня шума. Снижение шума часто можно достигнуть непосредственным применением технических решений, направленных на изоляцию источников шума. Чтобы снизить уровень шума и предотвратить его распространение на близлежащую территорию, на цементом заводе могут быть применены различные технические решения по снижению шума:

- ограждение шумящих установок;
- изоляция вибрирующих установок;
- использование внутренней и наружной обшивки, сделанной из стойкого материала для лотков, желобов;
- строения для прикрытия эксплуатационного оборудования, перерабатывающего материалы;
- возведение стен, защищающих от шума;
- глушитель на выпускном отверстии для дымовой трубы;
- звукоизоляция изоляция каналов, труб и воздуходувок, которые находятся в шумонепроницаемом здании.

Если вышеупомянутые технические решения не могут быть применены и если установки, выделяющие шум, невозможно перевести в отдельные здания, например, из-за размера печей и их средств обслуживания, применяются вторичные технические решения. Например, должно быть осуществлено строительство зданий или природных барьеров, таких как растущие деревья и кустарников между защищаемой зоной и источником активного шума, например, печь или площадь склада. Двери и окна защищаемого пространства должны быть плотно закрыты в период эксплуатации шумовыделяющих установок. Если жилая зона находятся близко от завода, планирование строительства новых зданий на промплощадке увязывается с необходимостью снижения шумовых выбросов.

Первоначальный отчет о шуме и последующий периодический (например, каждые 3 года) мониторинг в отдельных точках границы собственности цементно-известковых заводов должны проводиться как для завода, так и для карьера для любого завода.

1. Измерения необходимо проводить днем и ночью.

2. Такое оборудование, как цементные мельницы, вентиляторы и другие потенциальные источники шума, должно быть классифицировано и подробно описано в документе с техническими характеристиками.

Если рассматриваемый объект расположен рядом с жилыми районами, модели распространения шума могут использоваться для определения любых корректирующих действий, которые могут потребоваться, например, шумозащитное экранирование или изоляция определенных мастерских, где это необходимо.

При отсутствии национальных/ региональных/ местных нормативных актов, уровни шума, контролируемые на границах собственности (завод и карьер), должны соответствовать как минимум следующим ограничениям, иначе указываемым в местных нормативных актах: 65 дБ днем и 55 дБ ночью (в ближайшем доме).

4.5.2 Снижение уровня шумового воздействия при производстве извести

Шум создается на всех стадиях производства извести. Источниками шума являются:

- подача известняка/доломита в печь, скиповые устройства;
- работа транспортерных лент;
- работа вращающейся печи и вращающегося холодильника;
- дымососы, вентиляторы, вытяжки;
- дробилки, мельницы, грохота, классификаторы, пневмотранспорт, вибраторы.

4.6 Техники снижения уровня запаха

Выбросы запаха являются редкой проблемой на хорошо работающем цементном заводе. Если сырьевые материалы содержат горючие компоненты (керогены), которые не горят при нагревании в теплообменнике, но подвергаются пиролизу, то могут появиться выбросы углеводородов. Эти выбросы могут быть видны поверх трубы как «синий туман» или султан, который может вызвать неприятный запах вокруг цементного завода при неблагоприятных погодных условиях.

Сжигание топлива, содержащего серу и/или использование сырьевых материалов, содержащих серу, может приводить к выделению запаха (проблема особенно часто встречается в шахтных печах).

Кроме того, отходы, используемые в качестве сырьевых материалов или топлива, могут приводить к появлению запаха, особенно на различных этапах производства, таких как складирование и переработка. В случае использования аммиака для снижения NO_x, может также возникнуть запах в определенный период процесса производства, если должным образом не управлять эти процессом.

Неприятные запахи, возникающие при выбросах углеводородов, можно избежать, используя термическое дожигание, фильтры на основе активированного угля или путем введением сырьевого материала непосредственно в горячую зону печи.

Если причиной запаха являются соединения серы, можно изменить топливо или сырьевые материалы.

Используемые в качестве сырья или топлива отходы могут вызывать выделение запахов, особенно на таких стадиях процесса как подготовка и складирование. Места складирования таких отходов должны быть закрытыми или необходимо применять специальную систему складирования отходов.

Выделение запаха может наблюдаться при производстве извести в шахтных пересыпных печах, что вызвано выбросами сероводорода. Это связано с частичным восстановлением и наличием форм элементарной серы, которые могут вызвать выброс H_2S. Для снижения выброса H_2S в дымовых газах возможно использование регенеративной форсажной камеры.

При использовании в составе топлива 30 % кокса и 70 % антрацита наблюдается выброс сероводорода в количестве 6-9,5 мг/нм^3. В случае использования исключительно антрацита выделение сероводорода снижается от незаметного уровня до > 1,6 мг/нм^3. Снижением содержания в топливе серы возможно уменьшить выделение запахов. Неприятные запахи могут быть вызваны и используемыми в качестве топлива отходами. Хранилища отходов необходимо прикрывать или использовать системы для хранения отходов.

4.7 Система экологического менеджмента

Данный раздел описывает управление защитой окружающей среды как взаимодействие между системами управления и инструментами управления, связанными с экологическими воздействиями основных операций. В противном случае он не будет соответствовать цели комплексного подхода.

Внедрение Системы экологического менеджмента (СЭМ) на каждом конкретном объекте зависит от воздействия ведущейся деятельности на окружающую среду и должно учитывать конкретную экологическую ситуацию на территории производственной площадки и вокруг нее. В этой главе представлены общие принципы и относящиеся к ним инструменты, необходимые для внедрения СЭМ и подходящие для производств цементной промышленности.

СЭМ является методом, позволяющим операторам установок решать экологические проблемы на систематической и очевидной основе. СЭМ являются наиболее действенными и эффективными, когда они образуют неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

СЭМ фокусирует внимание оператора на экологических характеристиках установки. В частности, путем применения четких рабочих процедур как для нормальных, так и для нестандартных условий эксплуатации, а также путем определения соответствующих линий ответственности.

Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования, а это означает, что управление окружающей средой – это непрерывный процесс, а не проект, который в конечном итоге подходит к концу. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основаны на цикле PDCA (планируй - делай - проверяй - исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего.

СЭМ может принимать форму стандартизированной или стандартизированной («настраиваемой») системы. Внедрение и соблюдение международно признанной стандартизированной системы, такой как EN ISO 14001:2015, может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. EMAS обеспечивает дополнительную достоверность в связи с взаимодействием с общественностью посредством заявления об охране окружающей среды и механизма обеспечения соблюдения применимого природоохранного законодательства. Однако не стандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны и внедрены.

Стандартизированные системы (EN ISO 14001:2015 или EMAS) и не стандартизированные системы в принципе применяются к организациям,

DRAFT

настоящий документ использует более узкий подход, не считая всех видов деятельности организации, например, в отношении их продуктов и услуг.

СЭМ может содержать следующие компоненты:

I. заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия);

II. анализ, включающий определение контекста организации, выявление потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, определение характеристик предприятия, связанных с возможными рисками для окружающей среды (и здоровья человека), а также применимых правовых требований, касающихся окружающей среды;

III. экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

IV. планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

V. выполнение процедур, требующих особого внимания:

а) структура и ответственность;

б) набор, обучение, информированность и компетентность персонала чья работа может повлиять на экологические показатели;

в) внутренние и внешние коммуникации;

г) вовлечение сотрудников на всех уровнях организации;

д) документация (создание и ведение письменных процедур для контроля деятельности со значительным воздействием на окружающую среду, а также соответствующих записей);

е) эффективное оперативное планирование и контроль процессов;

ж) программа технического обслуживания;

з) готовность к чрезвычайным ситуациям и реагированию, включая предотвращение и/или снижение воздействия неблагоприятных (экологических) последствий чрезвычайных ситуаций;

и) обеспечению соответствия экологическому законодательству;

VI. обеспечение соблюдения природоохранного законодательства;

VII. проверку работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:

а) мониторинг и измерение,

б) корректирующие и превентивные действия,

в) ведение записей,

г) независимый внутренний и внешний аудит для определения независимо от того, соответствует ли СЭМ запланированным мероприятиям и надлежащим ли образом внедряется и поддерживается;

VIII. обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

IX. подготовка регулярного ежегодного экологического отчета;

X валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;

DRAFT

XI. следование за развитием более чистых технологий;
XII. рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и на протяжении всего срока его службы;
XIII. применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с лучшими предприятиями отрасли);
XIV. систему управления отходами.
XV. на установках/объектах с несколькими операторами, создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами;
XVI. инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

Согласно данному подходу - эффективная система экологического менеджмента имеет следующие взаимосвязанные структурные элементы:

- утвержденная экологическая политика;
- утвержденные цели и задачи по охране окружающей среды;
- процедуры идентификации и оценки экологических аспектов;
- персонал, ответственный за поддержание системы экологического менеджмента (обучение);
- управление операциями;
- документационное обеспечение системы экологического менеджмента;
- оценка результатов деятельности (мониторинг, измерение, анализ и оценка, внутренний аудит, анализ со стороны руководства);
- система учета мнений заинтересованных сторон (общественность, государственные надзорные органы, поставщики, подрядчики и т. д.);
- корректирующие и предупреждающие действия.

Основным принципом оценки эффективности функционирования системы является обеспечение фактического непрерывного улучшения результативности природоохранной деятельности и снижения негативного воздействия на окружающую среду, начиная с наиболее значимых экологических аспектов.

Система экологического менеджмента может быть интегрирована в связанную с системой менеджмента качества (СМК), поскольку некоторые аспекты являются одинаковыми или аналогичными, с интегрированной системой менеджмента (ИСМ) или без нее, но рекомендуется держать ключевые главы ISO 14001 (те, которые касаются вопросов окружающей среды) отдельно от глав ISO 9001(больше касающихся конкретных вопросов качества и клиентов).

Организация системы экологического менеджмента добровольна. При этом внедрение СЭМ, организованных по данному принципу, зарекомендовало себя в качестве эффективной системы в Казахстане.

В случае необходимости предприятие может сертифицировать СЭМ, обратившись в сертификационный орган. Сертификация системы

ПРОЕКТ DRAFT

экологического менеджмента дает предприятию ряд преимуществ на рынке, а иногда и является прямым требованием потребителей и/или поставщиков.

Предотвращение негативного воздействия на окружающую среду во многом зависит от правильного ведения технологического процесса, выполнения технологических и иных производственных операций, а также надлежащего уровня информированности персонала в области экологической безопасности, соответствующего выполняемым работам и уровню ответственности.

НДТ предусматривает регулярное повышение квалификации персонала для качественного выполнения работ и осознания своей роли в процессе охраны окружающей среды. Для этого необходимо разработать стандарт организации по процессу обучения персонала, который должен предусматривать:

- графики обучения, программы повышения квалификации персонала (стажировки, переподготовки);
- проведение обучения на базе учебных заведений, имеющих соответствующие лицензии в области образования;
- проведение периодической проверки знаний персонала.

4.7.1 Контроль качества сырья и топлива, параметры контроля для разных типов топлива

4.7.2 Производственный экологический контроль

Производственный экологический контроль (ПЭК) является основой обеспечения экологической безопасности и осуществляется предприятием самостоятельно за счет собственных источников финансирования в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды.

Объектами ПЭК предприятий, подлежащих регулярному наблюдению, являются:

- источники выбросов загрязняющих веществ (далее - ЗВ);
- источники сбросов ЗВ;
- источники образования и объекты размещения отходов.

Целями проведения производственного экологического контроля являются:

1) обеспечение соблюдения требований экологического законодательства Республики Казахстан;
2) обеспечение выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов (далее - природоохранных мероприятий).

Основными задачами производственного экологического контроля являются:

- контроль за соблюдением требований экологического законодательства РК;

- контроль за соблюдением условий и объемов добычи природных ресурсов, в том числе за выполнением мероприятий по рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов;
- контроль за своевременной разработкой и соблюдением установленных нормативов, лимитов допустимого воздействия на окружающую среду и соответствующих разрешений; за соблюдением нормативов допустимых и временно допустимых концентраций ЗВ в сточных водах; за учетом номенклатуры и количества ЗВ, поступающих в окружающую среду, а также уровня оказываемого физического и биологического воздействия; за обращением с опасными отходами; за эксплуатацией природоохранного оборудования и сооружений; за выполнением мероприятий по охране окружающей среды;
- контроль за ведением документации по охране окружающей среды; за своевременным предоставлением сведений о состоянии и загрязнении окружающей среды; за организацией и проведением обучения, инструктажа и проверки знаний в области охраны окружающей среды и природопользования;
- соответствие требованиям технических регламентов в области охраны окружающей среды и экологической безопасности.

Производственный экологический контроль проводится на основе программы производственного экологического контроля.

Структура и содержание программы ПЭК

Программа производственного экологического контроля должна содержать следующую информацию:

- обязательный перечень количественных и качественных показателей эмиссий загрязняющих веществ и иных параметров, отслеживаемых в процессе производственного мониторинга;
- периодичность и продолжительность производственного мониторинга, частоту осуществления измерений;
- сведения об используемых инструментальных и расчетных методах проведения производственного мониторинга;
- необходимое количество точек отбора проб для параметров, отслеживаемых в процессе производственного мониторинга (по компонентам: атмосферный воздух, воды, почвы), и указание мест проведения измерений;
- методы и частоту ведения учета, анализа и сообщения данных;
- план-график внутренних проверок и процедуру устранения нарушений экологического законодательства Республики Казахстан, включая внутренние инструменты реагирования на их несоблюдение;
- механизмы обеспечения качества инструментальных измерений;
- протокол действий в нештатных ситуациях;

DRAFT

- организационную и функциональную структуру внутренней ответственности работников за проведение производственного экологического контроля;
- иные сведения, отражающие вопросы организации и проведения производственного экологического контроля.

Программа ПЭК определяется как единый, самостоятельный документ внутреннего пользования и является руководством для проведения производственного экологического контроля и производственного мониторинга окружающей среды.

Структурно программа производственного экологического контроля включает два раздела:

- производственный мониторинг.
- производственный экологический контроль.

Производственный мониторинг является элементом производственного экологического контроля, выполняемым для получения объективных данных с установленной периодичностью.

Производственный экологический контроль представляет собой комплекс административно-хозяйственных мероприятий по контролю экологических аспектов производственной деятельности предприятия (в том числе по результатам производственного мониторинга).

Производственный мониторинг окружающей среды представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий по определению фактического воздействия на окружающую среду в результате деятельности предприятия.

Задачей производственного мониторинга окружающей среды является определение показателей состояния основных компонентов окружающей среды: атмосферного воздуха, водной среды, почвенного покрова.

Выделяют:

- операционный мониторинг;
- мониторинг эмиссий в окружающую среду;
- мониторинг воздействия.

Операционный мониторинг (мониторинг производственного процесса) включает в себя наблюдение за параметрами технологического процесса для подтверждения того, что показатели деятельности находятся в диапазоне, который считается целесообразным для его надлежащей проектной эксплуатации и соблюдения условий технологического регламента цементного завода.

В процессе операционного мониторинга осуществляется контроль деятельности предприятия с целью сравнения фактических данных природопользования (в штатном режиме) с установленными показателями:

- учёт параметров недропользования (количество добычи полезных ископаемых);
- учёт количества перерабатываемых и используемых сырья и материалов;

ПРОЕКТ DRAFT

- учёт обращения с отходами (объемы образования и способы обращения);
- учёт времени работы оборудования и параметров технологического процесс;
- учёт потребляемой воды на технологические и бытовые нужды.

Мониторинг эмиссий в окружающую среду включает в себя наблюдение за производственными потерями, количеством и качеством эмиссий и их изменением. С учетом специфики хозяйственной деятельности для предприятий цементного производства предусматривается проведение мониторинга эмиссий в атмосферный воздух и мониторинг отходов.

Мониторинг воздействия представляет собой наблюдения за изменением состояния компонентов окружающей среды в результате производственной деятельности предприятия.

Для предприятий цементной промышленности в соответствии со спецификой их деятельности составляющими мониторинга воздействия являются мониторинг атмосферного воздуха.

Организация мониторинга почвенного покрова для предприятий цементной промышленности не предусмотрена.

Производственный мониторинг окружающей среды осуществляется производственными или независимыми лабораториями, аккредитованными в порядке, установленном законодательством Республики Казахстан о техническом регулировании.

4.7.2.1 Производственный контроль в области охраны атмосферного воздуха

В разделе «Мониторинг эмиссий в атмосферный воздух» Программы ПЭК должен быть запланирован регулярный контроль параметров и характеристик, нормируемых или используемых при установлении нормативов предельно допустимых и временно согласованных выбросов:

- источников выделения ЗВ в атмосферу:
- организованных и неорганизованных, стационарных и передвижных источников выбросов ЗВ в атмосферу;
- установок очистки газов.

Программа ПЭК в области охраны атмосферного воздуха должна содержать:

План-график контроля стационарных источников выбросов с указанием номера и наименования структурного подразделения (площадка, цех или другое) в случае их наличия, номера и наименования источников выбросов, ЗВ, периодичности проведения контроля, мест и методов отбора проб, используемых методов и методик измерений, методов контроля (инструментальных) ЗВ в источниках выбросов.

Приоритетными источниками выбросов в производстве цемента являются печи для обжига клинкера, клинкерные холодильники и мельницы сухого помола.

ПРОЕКТ DRAFT

В план-график контроля должны включаться ЗВ (в том числе маркерные), которые присутствуют в выбросах стационарных источников и в отношении которых установлены технологические нормативы, предельно допустимые выбросы, временно согласованные выбросы с указанием используемых методов контроля (инструментальные) показателей ЗВ в выбросах стационарных источников, а также периодичность проведения контроля (инструментальными методами контроля) в отношении каждого стационарного источника выбросов и выбрасываемого им ЗВ, включая случаи работы технологического оборудования в измененном режиме более трех месяцев или перевода его на новый постоянный режим работы и завершения капитального ремонта или реконструкции установки.

В план-график контроля включают загрязняющие вещества, которые предусмотрены Перечнем загрязняющих веществ, эмиссии которых подлежат экологическому нормированию [68].

Тем не менее, основываясь на более чем 30-летнем опыте ЕС и всего мира по мониторингу атмосферы точечных источников, измерения выбрасываемых газов на цементных заводах зачастую возможны.

Концентрации загрязняющих веществ на поверхности и в атмосферном воздухе не имеют точной корреляции с выбросами из точечных источников (например, дымовые трубы) промышленных предприятий (например, цементный завод). Многие другие параметры (атмосферные условия, загрязняющие вещества от различных регуляторов и т. д.) могут влиять на концентрацию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

План-график контроля должен содержать периодичность проведения контроля (расчетными и инструментальными методами контроля) в отношении каждого стационарного источника выбросов и выбрасываемого им ЗВ.

В разделе «Мониторинг воздействия» Программы ПЭК должен быть запланирован регулярный контроль параметров и характеристик, нормируемых или используемых при установлении нормативов предельно-допустимых и временно согласованных выбросов:

- на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) (размер СЗЗ для предприятий производства цемента составляет не менее 1000 м, при производстве извести не менее 500 м, согласно приказу Министра национальной экономики РК от 20 марта 2015 года №237) [69].

Программа ПЭК в области охраны атмосферного воздуха должна содержать:

План-график проведения наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха с указанием измеряемых загрязняющих веществ, периодичности, мест и методов отбора проб, используемых методов и методик измерений. План-график наблюдений должен содержать:

- географические координаты пунктов наблюдений (как минимум в 3 контрольных точках на границе СЗЗ) с указанием номера каждого пункта наблюдения;

ПРОЕКТ DRAFT

- перечень контролируемых на каждом пункте загрязняющих веществ;
- методы определения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;
- периодичность отбора проб атмосферного воздуха.

При осуществлении производственного экологического контроля измерения производятся в обязательном порядке в отношении выбросов загрязняющих веществ, характеризующих применяемые технологии и особенности производственного процесса на объекте, с помощью которых возможно оценить значение всех загрязняющих веществ (маркерные вещества).

Перечень контролируемых маркерных веществ для производства цемента:

- Взвешенные вещества (пыль);
- Азота оксид (NO);
- Азота диоксид (NO_2);
- Серы диоксид (SO_2);
- Углерода оксид (CO);

В случае использования альтернативного топлива перечень маркерных веществ должен быть расширен.

В целях соответствия стандартам РК, а также международным стандартам в области проведения производственного экологического контроля в цементной промышленности следует запланировать регулярный мониторинг и измерение параметров в отношении следующих ЗВ:

- высоколетучие металлы [ртуть (Hg) и таллий (Tl)];
- HCl и HF - для подтверждения актуального норматива выбросов;
- летучие органические соединения (ЛОС), ПХДД и ПХДФ - при использовании отходов в качестве сырья или альтернативного топлива.

Периодичность выполнения измерений устанавливается предприятием самостоятельно.

Рекомендации по организации регулярного мониторинга и измерения параметров и выбросов в соответствии с требованиями наилучших доступных техник представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Рекомендации по организации регулярного мониторинга и измерения параметров и выбросов

Метод (оборудование)	Применимость
Непрерывные замеры выбросов пыли, NO_x, SO_2 и CO	Применяется для процессов обжига
Непрерывные измерения параметров процесса, свидетельствующих о стабильности процесса, - таких как температура, влажность газа, содержание O_2, разрежение и скорость поток	Общеприменимо
Мониторинг и стабилизация критических параметров процесса: однородность перемешиваемого сырья, подача	Общеприменимо

ПРОЕКТ DRAFT

топлива, постоянное дозирование, уровень избытка воздуха	
Непрерывные замеры выбросов NH_3, когда используется технология селективного некаталитического восстановления (SNCR)	Общеприменимо
Непрерывные или периодические замеры выбросов HCl, HF и ООУ (общего органического углерода)	Применяется для процессов обжига
Периодические замеры выбросов летучих органических соединений, ПХДД/ПХДФ (полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов) и металлов	При использовании отходов в качестве сырья или альтернативного топлива
Непрерывные и периодические замеры выбросов пыли	Не применяется для процесса обжига в печи. Для малых источников (<10 000 $нм^3$/ч) процессов с образованием пыли, кроме охлаждения и основных процессов дробления, частота измерений или проверка технических характеристик должна быть основана на требованиях технологического регламента.
Замеры осуществляются согласно графику производственного контроля	

Регулярный периодический мониторинг (выборочные пробы, обычно отбираемые аккредитованной внешней организацией и далее анализируемые в лаборатории) проводится как минимум один раз в год надлежащим образом для следующих веществ:

• металлы и их соединения (мышьяк, сурьма, свинец, кадмий, хром, кобальт, медь, марганец, никель, ртуть, таллий и ванадий);

• диоксины и фураны;

• ООУ / ЛОС;

• HCl;

• HF;

• NH_3 (особенно, если для снижения выбросов NO_x используется такой метод борьбы с выбросами, как SNCR).

Хотя периодический мониторинг особенно важен для перечисленных выше загрязнителей, когда отходы используются в качестве сырья или топлива, на многих предприятиях по всему миру эти загрязнители могут также

ПРОЕКТ DRAFT

образовываться в результате использования обычного сырья и ископаемого топлива или рабочих условий печи.

Это причина того, почему важно время от времени знать выбросы этих загрязняющих веществ. Кроме того, в зависимости от используемого топлива, условий процесса и значимости выбросов может потребоваться проведение дополнительных измерений.

Инструментальный контроль

Определение качественного и количественного состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, осуществляется прямыми инструментальными замерами, которые осуществляются аккредитованной лабораторией (собственной предприятия либо сторонней по договору).

При проведении производственного эколого-аналитического контроля выбросов ЗВ в атмосферный воздух определяют количественный и качественный состав выбросов от стационарных источников загрязнения. Для оценки результатов измерений следует указывать рабочие параметры (условия проведения измерений):

- для вращающихся печей рабочими параметрами являются: температура, содержание кислорода, давление, расход (объемный поток) и влажность отходящих газов.
- для прочих источников (дробилки, мельницы, погрузчики и др.) - температура и давление;
- соблюдение установленных нормативов;
- качество атмосферного воздуха на границе СЗЗ.

В целях единообразия и соответствия европейским данным все данные по выбросам загрязняющих веществ должны быть приведены к стандартным условиям, т.е. сухому газовому потоку при температуре 273 К и давлении 101,3 кПа при референтном содержании кислорода O_2, об.%. Если фактическое содержание кислорода в газовом потоке отличается от референтного, то пересчет концентрации выбросов в стандартное состояние осуществляется по формуле:

$$C_{станд.} = C_{изм.} \frac{21 - O_{реф.}}{21 - O_{факт.}},$$

где $C_{изм.}$ и $C_{станд.}$ – концентрация выбросов загрязняющих веществ, соответственно измеренная в потоке и при стандартном состоянии, мг/нм^3;

$O_{факт.}$ – фактическая концентрация кислорода в потоке в момент измерения, об.%;

$O_{реф.}$ – референтная концентрация кислорода, об.%: при производстве цемента $O_{реф.}$= 10 %; при производстве извести $O_{реф.}$= 11 %.

Представительные пробы газов в газоходе могут быть отобраны экстрактивным и неэкстрактивным методами в соответствии со стандартом СТ РК ISO 10396-2019 (таблица 4.6).

ПРОЕКТ DRAFT

Кроме того, могут использоваться и другие международно признанные методы (ISO).

При экстрактивном методе отбора проб газы перед транспортированием к газоанализатору подвергают подготовке: очищают от аэрозолей, твердых частиц и других мешающих веществ. При неэкстрактивном отборе проб измерения проводят на месте, поэтому отсутствует этап пробоподготовки, за исключением необходимой фильтрации.

Сведения об аттестованных методах (методиках) измерений размещены в Реестре государственной системы обеспечения единства измерений РК.

4.7.2.2 Производственный контроль в области охраны и использования водных ресурсов

Производственный мониторинг водных ресурсов представляет единую систему наблюдений и контроля деятельности предприятия для своевременного выявления и оценки происходящих изменений, прогнозирования мероприятий, направленных на рациональное использование водных ресурсов и смягчение воздействия на окружающую среду.

Таблица 4.6 - Контролируемые показатели и методики выполнения измерений для промышленных выбросов и воздуха рабочей зоны

Показатель	Методики выполнения измерений и методы испытаний
Отбор проб	СТ РК ИСО 10396-2010 МВИ №ПЭП-МВИ-001-12 ПНД Ф 13.1:2:3.25-99 EN 13284-1 US EPA 1,2
Содержание пыли (запыленность)	СТ РК 2.302-2014 СТ РК 1517-2006 СТ РК 2.297-2014 СТ РК ИСО 12141-2010 EN 13284 US EPA 5, 5i, 17
Скорость потока	ГОСТ 17.2.4.06-90 СТ РК 1517-2006 EN 13284-1 US EPA 1, 2
Давление и температура потока	ГОСТ 17.2.4.07-90 СТ РК 1517-2006 EN 13284 US EPA 1, 2
Концентрация ЗВ: NO_x, CO, SO_2	СТ РК 2.297-2014 СТ РК 1516-2006 МВИ №ПЭМ-МВИ-001-12

ПРОЕКТ DRAFT

	Инструкции (паспорта) на различные газоанализаторы EN 14792 ; EN 15058 и EN 14791 EN 15058 и EN 14791 US EPA 7E , US EPA 10 и US EPA 6
Влажность потока	ГОСТ 17.2.4.08-90 СТ РК 1517-2006 EN 14790 US EPA 4

.

В рамках Производственного мониторинга состояния водных ресурсов предусматривается контроль систем водопотребления и водоотведения и осуществление наблюдений за источниками воздействия на водные ресурсы рассматриваемого района, а также их рационального использования.

Результаты мониторинга позволяют своевременно выявить и провести оценку происходящих изменений окружающей среды при осуществлении производственной деятельности.

Мониторинг состояния водных ресурсов включает:

- операционный мониторинг – наблюдения за работой и эффективностью очистных сооружений сточных вод;
- мониторинг эмиссий – наблюдения за объемами сбрасываемых сточных вод и их соответствия установленным лимитам; наблюдения за качеством сточных вод и их соответствия установленным нормам ПДС при отведении в приемник сточных вод – пруд-накопитель;
- мониторинг воздействия – наблюдения за качеством вод приемника сточных вод - пруда-накопителя (фоновые концентрации загрязняющих веществ).

В подразделе «Производственный контроль в области охраны и использования водных объектов» должен быть запланирован регулярный контроль нормируемых параметров и характеристик:

- технологических процессов и оборудования, связанных с образованием сточных вод;
- мест водозабора и учета используемой воды;
- выпусков сточных вод, в том числе очищенных;
- сооружений для очистки сточных вод и сооружений систем канализации;
- систем водопотребления и водоотведения;
- поверхностных и подземных водных объектов, пользование которыми осуществляется на основании разрешительной документации, а также территорий водоохранных зон и прибрежных защитных полос.

Подраздел «Производственный контроль в области охраны и использования водных объектов» должен содержать:

- Мероприятия по учету объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов.

ПРОЕКТ DRAFT

- План-график контроля за состоянием водных ресурсов с перечнем определяемых ЗВ и показателей, соответствующих нормативам допустимого сброса, временным разрешенным сбросам; периодичность отбора и анализа проб сточных вод; места отбора проб; указание аттестованных методик (методов) измерений.

План-график контроля за состоянием водных ресурсов разрабатывается в соответствии с условиями разрешения на спецводопользование, разрешения на сброс ЗВ в водные объекты или договора водоотведения, и должен включать мероприятия по технологическому контролю эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков.

В программе ПЭК следует предусмотреть осуществление наблюдений за качеством поверхностных вод в фоновом и контрольном створах относительно сброса (выпусков) сточных вод в водный объект в основные гидрологические фазы (для водотоков) и основных гидрологических ситуациях (для водоемов).

Программа должна содержать перечень определяемых ЗВ и показателей, соответствующий нормативам допустимого сброса, временным разрешенным сбросам, сведения о периодичности отбора и анализа проб поверхностных вод, месте отбора проб, а также указание аттестованных методик (методов) измерений, использованных при проведении наблюдений за водным объектом.

Периодичность отбора и анализа проб поверхностных вод в фоновом и контрольном створах водного объекта совмещаются со сроками наблюдений за сточными водами и устанавливаются графиком аналитического контроля.

Пробы сточных вод должны отбираться из хорошо перемешанных потоков, вне зон действия возможного подпора. Для целей контроля за соблюдением нормативов, учета и расчета массы сброса ЗВ пробы сточных вод отбирают из водоотводящих устройств. Места отбора проб сточных вод должны быть максимально приближены к точке сброса.

Контроль качества сточных вод осуществляется аналитическим методом путем отбора проб собственной лабораторией либо сторонней аккредитованной лабораторией (на основании договора).

Сведения об аттестованных методах (методиках) измерений размещены в Реестре государственной системы обеспечения единства измерений РК.

4.7.2.3 Производственный контроль в области обращения с отходами

В подразделе «Производственный контроль в области обращения с отходами» должен быть запланирован регулярный контроль следующих нормируемых параметров и характеристик:

- технологических процессов и оборудования, связанных с образованием отходов;
- систем транспортирования, обработки, утилизации, обезвреживания отходов, находящихся в ведении предприятия;

ПРОЕКТ DRAFT

- объектов накопления и размещения отходов, расположенных на промышленной площадке и/или находящихся в ведении предприятия.

Подраздел должен содержать программу мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов (при их наличии) и в пределах их воздействия на окружающую среду.

4.7.2.4 Непрерывный производственный контроль

Согласно Статье 418. Переходные положения, п. 16. В отношении объектов, введенных в эксплуатацию до 1 июля 2021 года, требование Экологический Кодекс Республики Казахстан об обязательном наличии системы автоматизированного мониторинга эмиссий применяется с 1 января 2023 года [1].

Однако, только на предприятиях по производству цемента, являющихся объектами I категории, стационарные источники, валовые выбросы которых составляют 500 и более т/год должны быть оснащены автоматическими средствами непрерывного производственного контроля, т.е. измерения и учета объема или массы выбросов загрязняющих веществ, их концентрации, а также техническими средствами фиксации и передачи информации об объеме и/или о массе выбросов ЗВ и о концентрации ЗВ в информационную систему уполномоченного органа в области охраны окружающей среды согласно проекту приказа «О правилах ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля» [67].

Для автоматического непрерывного измерения массовой концентрации ЗВ используют газоанализаторы, при использовании которых отсутствует необходимость в пробоотборе, транспортировании и подготовке пробы.

Непрерывному производственному контролю подлежат следующие ЗВ: взвешенные вещества (пыль), NO_2, NO, SO_2, CO. Допускается измерение суммарной концентрации NO_x.

Непрерывные измерения массовых концентраций загрязняющих веществ в выбросах из вращающейся печи необходимы для подтверждения соответствия технологическим показателям, которые будут установлены после внедрения автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду согласно п.16 ст.418 Экологического кодекса РК.

Обязательный переход на внедрение автоматических измерительных приборов потребует некоторого времени, но, учитывая ограниченное количество загрязняющих веществ, которые необходимо контролировать (пыль, NOx, SO_2 и CO), и наличие хорошо известных международных анализаторов и измерителей пыли, предприятия Республики Казахстан смогут уложиться в срок 2023 г.

4.8 Снижение потребления энергии (энергетическая эффективность)

ПРОЕКТ DRAFT

4.8.1 Снижение потребления энергии (энергетическая эффективность) при производстве цемента

Цементная промышленность занимает ведущее место в потреблении энергетических ресурсов. Наряду с черной и цветной металлургией, топливоперерабатывающей и химической промышленностями, производство строительных материалов и, в том числе, цемента, представляет одну из основных составляющих энергетического баланса промышленности.

Энергоемкость цементной отрасли зависит от способа производства. Основными энергетическими ресурсами являются топливо и электроэнергия.

В энергопотреблении цементного производства ведущими технологическими процессами выступают процессы дробления, измельчения, обжига, смешения, реализуемые путем использования электрической энергии и энергии топлива. Правильное решение выбора рациональных видов топлива и энергопотребляющего оборудования, а также решение проблемы интенсификации процессов тепло - и массообмена является важной составной частью повышения эффективности производства.

4.8.1.1 Снижение потребления тепловой энергии

Удельный расход топлива на обжиг 1 т. клинкера зависит, главным образом, от способа производства портландцемента, типа и конструкции вращающейся печи, химических (например, свободный или связанный оксид кремния) и физических (влажность) свойств сырьевых компонентов и сырьевой смеси, используемых для производства клинкера.

Наиболее энергоемким является мокрый способ получения цемента. При производстве цемента таким способом непроизводительные затраты топлива составляют около 75 %. На выпуск 1 тонны цемента затрачивается более 5 тонн таких материалов, как сырье, добавки, топливо, вода и воздух [7]. Поэтому для новых заводов и модернизируемых действующих предприятий типичным становится сухой способ производства цемента с многоступенчатым циклонным теплообменником и декарбонизатором.

В настоящее время в Казахстане мокрый способ производства цемента используется на предприятиях: ТОО «ПК «Цементный завод Семей», ТОО «SAS-Tobe Technologies, ТОО «Бухтарминская цементная компания».

Данные, приведенные в [2, 9] показывают, что удельный расход топлива при использовании печей сухого способа с циклонными теплообменниками и декарбонизатором составляет 3000-3800 МДж/т клинкера как среднегодовое значение. Средние удельные расходы топлива и тепла при использовании печей различного типа приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Удельные расходы топлива и тепла на обжиг клинкера для печей различного размера и способов производства

Тип печи, способ производства	Удельный расход тепла, МДж/т клинкера	Удельный расход топлива, кг у. т./т клинкера
Печи сухого способа с циклонными теплообменниками и декарбонизатором	3000–4000	100–135
Печи сухого способа с циклонными теплообменниками	3100–4200	105–145
Комбинированный (полусухой/полумокрый способ) производства, печь Леполь	3300–5400	115–185
Длинные печи сухого способа производства	до 5000	до 170
Длинные печи мокрого способа производства	5000–6400	170–220
Печи для производства специальных цементов	3100–6500 и выше	105–225

В общем случае, кроме способа производства, на потребление тепловой энергии современными цементными печами влияют различные факторы: свойства сырьевых материалов (например, влажность, обжигаемость), производительность печи, используемое топливо с различными свойствами и изменчивость параметров процесса, а также использование системы байпаса, когда требуется это оборудование (для уменьшения зарастания колонны подогревателя, если, например, загрузка хлора и сульфатов в системе печи слишком высока). Замена части сырьевых компонентов промышленными отходами, уже подвергавшимися тепловой обработке (шлаки, золы, нефелиновый шлам и т. п.), приводит, как правило, к снижению удельного расхода тепла на обжиг. С увеличением объема печных газов, направляемых в систему байпаса (когда это оборудование требуется), удельный расход тепла на обжиг клинкера увеличивается [9].

Удельный расход тепла на обжиг клинкера может быть снижен путем внедрения различных технологий и оптимизации работы печной системы:

- использование современных линий обжига и холодильников;
- использование альтернативных видов топлива (если они хорошо подготовлены перед использованием с точки зрения однородности, гранулометрии / размера и т. д.);
- снижение влажности шлама;
- оптимизация режима обжига клинкера в печи;
- оптимизация минералогического состава и структуры клинкера;
- снижение удельного расхода сырья;

- снижение доли клинкера в цементе.

Печная система с многостадийными циклонными теплообменниками в сочетании с декарбонизатором и третичным воздухом считается стандартной и высокоэффективной технологией для новых заводов. В некоторых случаях, когда используется сырьевой материал с высокой влажностью, могут проектироваться заводы с трехстадийным циклонным теплообменником.

Методы снижения удельного расхода тепла на обжиг клинкера при сухом и мокром способе производства приведены в таблицах 4.8 и 4.9.

Для снижения удельного расхода тепла на обжиг клинкера важным фактором является стабильная работа печного агрегата с параметрами, близкими к оптимальным значениям.

Таблица 4.8 – Методы снижения расхода тепла на обжиг клинкера при сухом способе производства

Оборудование	Метод
Холодильник	установка современного клинкерного холодильника со стационарной первичной колосниковой решеткой
	использование колосниковой решетки с низким сопротивлением потоку воздуха
	обеспечение контроля количества охлаждающего воздуха в отдельных секциях решетки
Печь	использование печей с высокой производительностью
	оптимизация отношения длины печи к ее диаметру
	оптимизация конструкции печи в соответствии с используемым топливом
	оптимизация системы сжигания топлива
	стабильность параметров работы печи (тяга, уровень кислорода, длина и форма пламени основной горелки, температура газа и т. д.)
	оптимизация процесса контроля
	рациональное и полное использование третичного воздуха
	обеспечение необходимого избытка воздуха в печи
	использование минерализаторов – интенсификаторов процесса обжига
	снижение подсосов воздуха
Декарбонизатор	малое гидравлическое сопротивление
	однородное распределение сырья в печном пороге
	минимальное образование настылей
	интенсивная декарбонизация сырьевой смеси
Теплообменник	малое гидравлическое сопротивление циклонов
	высокая степень пылеосаждения в циклонах
	однородное распределение сырья в сечениях газоходов
	однородное распределение потоков газа и твердого вещества в двухветвьевых циклонных теплообменниках

	оптимизация количества ступеней циклонов (от трех до шести ступеней в целом)
Сырье и топливо	низкая влажность сырьевых материалов и топлива
	легкая воспламеняемость топлива с высокой калорийностью
	постоянство питания печи и однородность материала;
	постоянство подачи топлива в печь и его однородность
Сырьевые мельницы	полностью автоматизированное управление работой мельниц

Таблица 4.9 – Методы снижения расхода тепла на обжиг клинкера при мокром способе производства

Оборудование	Метод
Печь	Оптимизация конструкции и расположения внутрипечных теплообменных устройств
	отсутствие шламовых или клинкерных колец в печи
	оптимизация системы сжигания топлива
	минимизация подсоса воздуха в головках печей
	минимизация коэффициента избытка воздуха в печи
	стабильность параметров работы печи (тяга, уровень кислорода, длина и форма пламени основной горелки, температура газа и т. д.)
	оптимизация процесса контроля
	использование минерализаторов – интенсификаторов процесса обжига
Сырье	снижение влажности обжигаемого сырьевого шлама путем использования разжижителей шлама или заменой природных материалов техногенными (золами, шлаками)

Это достигается путем:

- использования систем непрерывного компьютерного мониторинга необходимого комплекса параметров работы печного агрегата;
- использования систем автоматического управления технологическим процессом или его отдельными этапами;
- оптимизации и стабилизации состава сырьевой смеси, повышением
- равномерности ее подачи в печь;
- оптимизации состава и повышением равномерности подачи в печь топлива;
- в случае использования вторичных видов топлива – стабилизации характеристик, равномерности подачи, оптимизации способа ввода и сжигания вторичного топлива в печи.

Существенное значение для снижения стоимости тепловой энергии имеет использование альтернативного топлива. В разделе 4.9 подробно расписаны технологии использования отходов в качестве топлива для производства

клинкера.

Повышение энергоэффективности производства цемента может быть достигнуто дополнительной генерацией пара и электричества.

Для выработки энергии из низкотемпературных отходящих газов используется процесс органического цикла Ранкина. Этот процесс основан на использовании пентана как рабочего тела, который интенсивно испаряется при значительно более низкой температуре, чем вода. Особым достижением являлась простота эксплуатации, компактная структура и относительно высокий уровень эффективности, который может быть достигнут при применении источника тепла с температурой ниже 275 °С.

Поэтому выработка электрической энергии путем использования избытка тепла из процесса производства цемента может считаться технически возможной альтернативой для тепловых электростанций, использующих водяной пар, если для этого имеются определенные предпосылки [2].

Структурная схема выработки электрической энергии [70] приведена на рисунке 4.13.

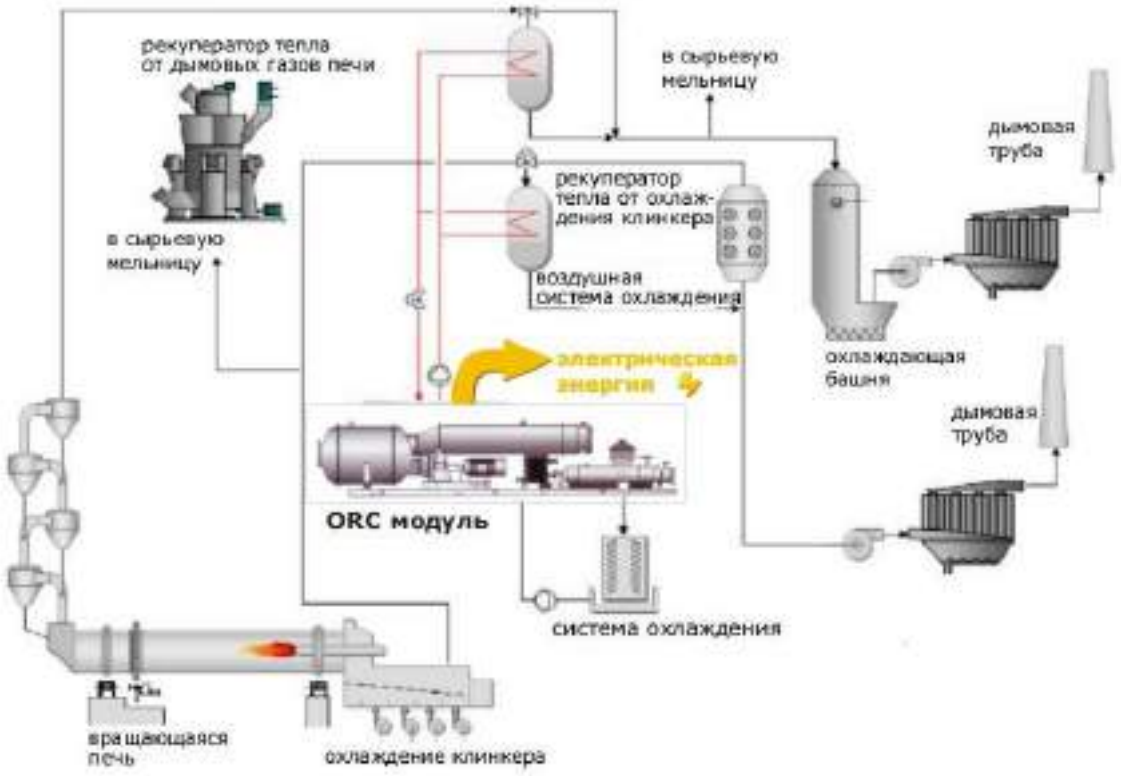


Рисунок 4.13 – Схема выработки электрической энергии

В настоящее время существует много примеров использования части горячего воздуха для генерации энергии. На цементном заводе «Слайт» в Швеции вырабатывается около 6 МВт электроэнергии. На цементном заводе в Ленгфурте (Германия) рекуперируется в среднем 9 МВт из 14 МВт выбросов тепловой энергии. При этом вырабатывается в среднем 1,1 МВт электрической энергии [9]. Турецкая компания DAL Teknik Makina Ticaret ve Sanayi A.S.,

входящая в состав консорциума Dal Engineering Group, построила по контракту с АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» цементный завод сухого способа производства мощностью 1,5 млн т портландцемента в год в Республике Узбекистан. Предприятие введено в эксплуатацию в сентябре 2018 г. Совместно с проектом Шерабадского завода был разработан и реализован проект установки утилизации тепла отходящих газов, вырабатывающей электроэнергию.

Отходы тепла также могут быть рекуперированы из клинкерного холодильника и для обеспечения предприятия горячей водой. В большинстве случаев бойлер располагается после пылеосадителя, в качестве которого применяется электрофильтр. В противном случае необходимо использовать специальный тип бойлера, стойкий к абразивному износу, а также устанавливать обеспыливающее устройство (рукавный фильтр) после бойлера.

При установке более эффективных теплообменника и клинкерного холодильника избыток тепла будет снижаться и с экономической точки зрения генерация дополнительного количества энергии может стать невыгодной, особенно когда основное тепло требуется для процесса сушки материала. Поэтому возможность рекуперации тепла из печи и клинкерного холодильника для генерации энергии должна оцениваться в каждом конкретном случае с учетом всех возможных обстоятельств. Экономическая состоятельность может зависеть от местных условий, стоимости электроэнергии и мощности завода.

Кроме этого, существенное влияние на принятие решения о генерации электроэнергии оказывает высокая стоимость оборудования. По данным [2] стоимость 1 МВт генерируемой мощности в Ленгфурте, в Германии составила более 3 млн евро. Поэтому с учетом низкой стоимости электроэнергии в Казахстане применение такого оборудования будет затруднено ввиду длительного срока окупаемости.

4.8.1.2 Снижение потребления электрической энергии

Границы удельного потребления электроэнергии в соответствие с ИТС 6-2015 составляет:

- для заводов мокрого способа производства 100-135 кВт·ч/т цемента;
- для заводов сухого способа производства 110-140 кВт·ч/т цемента.

В BREF ЕС данный показатель не нормируется. В соответствие с BREF CLM [2] величина потребления электроэнергии предприятиями Евросоюза при сухом способе производства колеблется от 90 до 150 кВт.ч/т цемента.

Основным энергопотребляющим оборудованием при производстве цемента являются мельницы, производящие помол клинкера и используемого сырья, вытяжные вентиляторы и дымососы. Примерная структура энергопотребления цементного предприятия приведена на рисунке 4.14.

Использование электрической энергии может быть минимизировано установкой систем управления мощностью и применением энергетически

эффективного оборудования, таких, как роликовые мельницы высокого давления для измельчения клинкера, вентиляторов с переменной скоростью вращения, а также в некоторых случаях путем замены морально устаревших типов сырьевых мельниц на новые. Применение улучшенной системы контроля и снижение подсоса воздуха также позволяют оптимизировать потребление электрической энергии [2]. Отсутствие подсосов уменьшает объём перекачиваемого воздуха дымососами, тем самым уменьшает их энергопотребление.

Рисунок 4.14 – Структура потребления энергии на цементном предприятии

Подробно экономии энергии, связанные с оптимизацией систем с электроприводом изложены в справочнике «Best Available Technique Reference Document on Energy Efficiency» [57]. На рисунке 4.15 приведен график экономии энергии при использовании регулируемого привода вентилятора.

Основными направлениями применения систем управления мощностью в цементной отрасли являются [71]:

- привод вращающейся печи. Как правило, главный привод вращающейся печи – двигатель с фазным ротором и несколькими ступенями регулировки скорости.

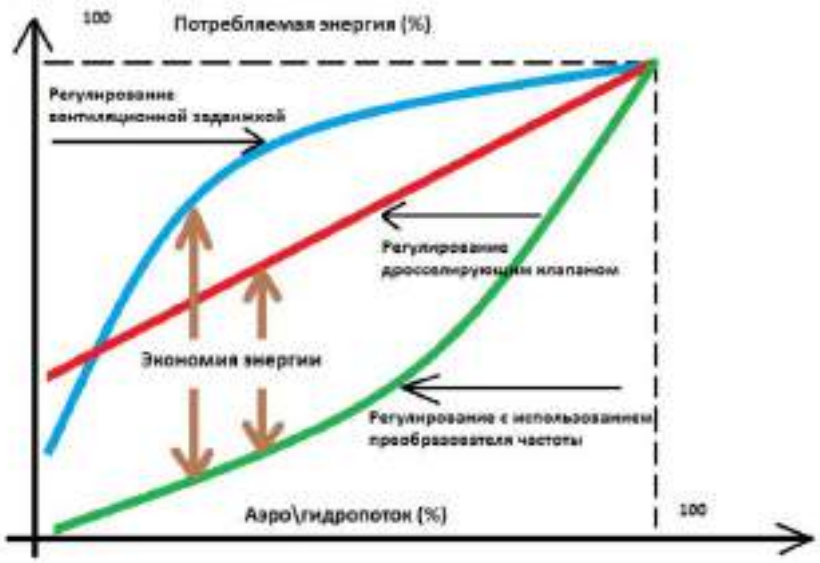


Рисунок 4.15 – График экономии энергии при использовании системы управления мощностью вентилятора

Данная схема имеет большое количество контактных групп, что негативно влияет на надежность работы установки в условиях повышенной запыленности. Альтернативой является решение с преобразователем частоты с низковольтным двигателем;

• ленточный питатель. Эффективность работы мельницы зависит от степени загрузки: недогруз и перегруз приводят к нарушению техпроцесса. Контроль заданного режима обеспечивает применение частотного привода. Его функциональность также дает возможность с высокой степенью точности регулировать качество получаемого материала;

• шламовый насос. Как показал опыт ООО «ТимлюйЦемент», входящего в холдинг «Сибирский цемент», экономия электроэнергии достигает 30 %;

• вентилятор решеток колосникового холодильника. Преобразователь частоты упрощает процесс контроля температуры клинкера. Автоматизация регулирования обеспечивает равномерную подачу холодного воздуха и уменьшает энергопотребление двигателя вентилятора. К примеру, для холодильника типа «Волга» подача воздуха осуществлялась вентилятором с приводом 312 кВт с помощью задвижек. Преобразователь частоты позволил установить асинхронные двигатели мощностью 55–75 кВт и управлять охлаждением клинкера в зависимости от скорости его перемещения и толщины слоя на решетке. При этом энергопотребление уменьшилось в несколько раз;

• привод колосников холодильника печи. Частотно-регулируемый привод задает скорость движения колосников в зависимости от объема клинкера, выходящего из вращающейся печи. Устройство поддерживает необходимый момент на валу двигателя вне зависимости от скорости вращения;

• привод дымососов и вентиляторов, к числу которых относятся дымососы цементных печей и вентиляторы общего дутья холодильников. Возможность

существенной экономии электроэнергии за счет регулируемого привода связана с достаточно высокой единичной мощностью электродвигателей и если используемым способом регулирования производительности тягодутьевых машин является дроссельное и шиберное регулирование при постоянной скорости вала.

Ориентировочная стоимость частотного регулятора без учета проектных и монтажных работ для двигателей различной мощности приведена в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Стоимость частотного регулятора без учета проектных и монтажных работ для двигателей различной мощности [72]

	Мощность электродвигателя, кВт					
	320	400	500	630	800	1000
Ориентировочная стоимость частотно-регулируемого привода, тыс. тг.	35 090	36 250	37 584	42 630	47 618	48 720

Экономия электрической энергии в зависимости от режимов работы оборудования может достигать 20-40%. Следует отметить, что внедрение регулируемых приводов позволяет в полной мере автоматизировать процесс производства цемента. Автоматизация технологических процессов кроме снижения электропотребления приводит к экономии топлива и повышению качества выпускаемого продукта.

Энергопотребление цементного предприятия существенным образом зависит от типа мельниц, используемых на предприятии. Расход электроэнергии обусловлен природой измельчаемого материала и особенностями процесса его измельчения. В некоторых случаях минимизация энергопотребления может быть достигнута заменой старых сырьевых мельниц на новые. Например, в последние годы получила распространение многовалковая зубчатая дробилка новейшей конструкции фирмы Claudius Peters [7]. В таблице 4.11 приведена эффективность использования многовалковой дробилки для клинкера.

Для снижения энергопотребления при размоле широко применяются интенсификаторы помола цемента. В качестве интенсификаторов процесса помола цемента наибольшее применение нашли катионактивные соединения – лигносульфонаты технические (ЛСТ), триэтаноламин (ТЭА), смеси триэтаноламина с ЛСТ в соотношении 1:3 – 1:5, а также соапсток, лигнин, мылонафт. При введении ТЭА в количестве 0,015-0,03 % от массы цемента производительность мельниц увеличивается на 15-35 %, удельный расход электроэнергии снижается на 10-30 %. Интенсифицируют процесс помола цемента также добавки угля, сажи (0,3 %), коксовой пыли (2-3 %), трепела (1-2 %).

Таблица 4.11 – Эффективность использования многовалковой дробилки для клинкера

Наименование параметров	Значения для дробилок	
	молотковая	валковая
Тип привода	механический	гидравлический
Температура клинкера	< 350°С	< 800°С
Частота вращения	367 об/мин	4 об/мин
Окружная скорость	25 м/с	0,07 м/с
Расход дробящих элементов	300 г/т	4 г/т
Расход электроэнергии	0,9 кВт·ч/т	0,3 кВт·ч/т
Межремонтный период	100 %	>300 %

В результате исследований, выполненных на кафедрах химической технологии вяжущих материалов в Киевском политехническом и Казахском химико-технологическом институтах, разработаны и внедрены на цементных заводах Казахстана и Украины интенсификаторы помола цемента, позволившие повысить производительность мельниц на 14-20 %, снизить удельный расход электроэнергии [7].

4.8.2 Снижение потребления энергии при производстве извести

Процесс декарбонизации известняка/ доломита/ мела - эндотермический, идет с потреблением значительного количества энергии. В себестоимости производства извести более половины расходов составляют затраты на электроэнергию и топливо.

Структура расходов энергетических ресурсов при производстве извести в общем виде соответствует структуре расходов тепловой и электрической энергии в цементной отрасли.

4.8.2.1 Снижение потребления тепловой энергии

На производство 1 т извести используется в среднем 3,2 ГДж тепла. Доломитовые известняки обжигаются при более низких температурах, следовательно, количество потребляемого тепла ниже на 5 % - 10 % [73].

Удельный расход топлива при получении производстве извести зависит от многих факторов. Основными из них являются:

- тип и конструкция печи;
- тип и конструкция горелочного устройства;
- степень диссоциации известняка/доломита (степени обжига);
- гранулометрический состав сырья;
- потери обжигаемого материала (пылеунос, просыпи);
- влажность.

Удельный расход теплоты и условного топлива для получения извести

2-го сортас содержанием CaO + MgO равным 80 % приведен в таблице 4.12.

Удельный расход условного топлива при производстве извести с содержанием активных CaO + MgO, отличающимся в ту или другую сторону от 80 %, определяется по формуле:

$$q\text{ф} = \frac{q\text{о Аф}}{80} \text{ кг/кг.}$$

В разделе 3 приведены примеры использования печей различной конфигурации на предприятиях РК.

С целью сокращения потребления тепловой энергии можно использовать модернизацию существующих печей. При этом, в зависимости от особенностей конструкции, финансовых затрат и поставленных задач может проводиться доработка как второстепенных деталей, так и основных элементов конструкции печи [2].

Например:

- для регенерации тепла из дымовых газов или для использования более широкой номенклатуры топлива осуществляют установку к длинной вращающейся печи теплообменника
- использование тепла дымовых газов для сушки известняка или для других процессов, например, измельчения известняка
- в некоторых случаях, когда шахтную печь оказывается экономически нежизнеспособной, её следует подвергнуть модернизации, например, переоборудовав в кольцевую шахтную печь или объединив две шахтные печи в регенеративную печь с параллельным потоком материала. Такая модернизация продлит эксплуатацию таких дорогих элементов как конструкция печи, системы загрузки известняка его транспортирования и складирования
- в исключительных случаях для сокращения расхода топлива экономически целесообразно сократить длину вращающейся печи, присоединив её с запечным теплообменником.

Таблица 4.12 - Удельный расход теплоты и условного топлива для получения извести

Тип печи	Удельный расход условного топлива на 1 т извести, т/т		Удельный расход теплана 1 т извести, ГДж/т	
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
Шахтные печи, работающие на угле	0,125	0,155	3,7	4,6
Шахтные печи, работающие на природном газе	0,158	0,204	4,6	6,0
Вращающиеся печи с запечным теплообменником	0,200	0,260	5,9	7,7

Длинные вращающиеся печи, работающие по сухому способу	0,210	0,245	6,2	7,2
Длинные вращающиеся печи, работающие по мокрому способу	0,240	0,315	7,0	9,2

В таблице 4.13 Представлены основные методы снижения потребления топливных ресурсов при производстве извести [2].

Таблица 4.13 – Основные методы снижения потребления топливных ресурсов при производстве извести

Элемент конструкции печи	Описание	Типы печей*				
		1	2	3	4	5
Система сжигания топлива	Использование эффективных регулируемых горелок, соответствующих температурному профилю получения продукции	X	X			
	«Он-лайн» мониторинг горения и коэффициента избытка воздуха	X	X			
	Контроль горения при анализе дымовых газов			X	X	X
	Использование гибкой системы сжигания топлива, позволяющей смешивать топливо с отходами	X	X	X	X	X
Холодильник	Эффективный холодильник, позволяющий усреднять распределение воздуха и выгрузку извести, тем самым снизить расход воздуха	X	X	X	X	X
Контур дымовых газов	Рекуперация тепловой энергии	X				
Контроль материалов	Регулярный отбор топлива и материалов для контроля их соответствия условиям процесса	X	X	X	X	X
	Для контроля гранулометрии и повторного грохочения установка надежного весового/измерительного оборудования для контроля топлива, сырья и скорости течения	X	X	X	X	X
Печь	Внутренние огнеупорные устройства для улучшения теплообмена и минимизации расслоения	X	X			
	Установка теплоизоляции для минимизации теплопотерь стенками	X	X	X	X	X

ПРОЕКТ DRAFT

	Снижение подсосов воздуха уплотнением головки и загрузочного конца печи	X	X			
	Регулярная очистка желобов			X	X	X
Управление режимами печи	Системы автоматизированного контроля тяги в головке печи, избытка воздуха, расхода топлива, оборотов печи	X	X			
	Системы наблюдения за ключевыми параметрами процесса	X	X	X	X	X
Теплообменник	Снижение потерь давления в теплообменнике		X			

*Условное обозначение печей: 1-длинные вращающиеся, 2-вращающиеся с запечным теплообменником, 3- регенеративные с параллельным потоком материала, 4-шахтные кольцевые, 5-шахтные пересыпные печи и печи другой конструкции

4.8.2.2 Снижение потребления электрической энергии

Основными потребителями электроэнергии при производстве извести являются привода печей, холодильников, дымососов, очистительного оборудования, транспортеров и скиповых подъёмников, привода дробилок и мельниц.

Удельный расход электроэнергии на производство 1 т извести печами разного типа (конструкции) приведен в таблице 4.14.

Основными методами, применяемыми для снижения удельных расходов энергоресурсов, являются:

- использование систем управления потреблением электроэнергии;
- использование известняка с оптимальной гранулометрией;
- использование высокоэффективного помольного и другого оборудования.

При использовании систем управления мощностью электродвигателя экономия электрической энергии в зависимости от режимов работы оборудования может достигать 20-40%. Основным оборудованием, оснащаемым регулируемыми приводами, является привода тягодутьевых вентиляторов, приводов печей и другого оборудования.

Таблица 4.14 – Удельный расход электроэнергии на производство 1 т извести печами разного типа (конструкции)

Тип печи	Единица измерения	Удельный расход электроэнергиина производство 1 т извести	
		мин.	макс.
Шахтные печи пересыпные	кВт.ч/т	7	22
Двухшахтные регенеративные	кВт·ч/т	22	40

Вращающиеся с запечным подогревателем	кВт·ч/т	22	58
Длинные вращающиеся печи	кВт·ч/т	20	60

Учитывая высокую стоимость, необходимость использования таких приводов определяется в каждом конкретном случае и зависит от степени регулирования производительности того или иного привода.

Следует отметить, что без использования устройств регулирования мощности невозможно организовать полноценную систему автоматизированного управления производством. Автоматизация технологических процессов кроме снижения электропотребления приводит к экономии топлива и повышению качества выпускаемого продукта.

Энергопотребление при производстве извести существенным образом зависит от типа помольного и классифицирующего оборудования, а так же от размера получаемой фракции. Так, при дроблении извести до размера 10–20 мм, энергопотребление составляет 0,7–4 кВт на тонну готового продукта, при измельчении до фракции менее 1 мм – 10–40 кВт [73].

Замена старого помольного оборудования на современное, ведет к снижению потребления электроэнергии. Например, в Германии при замене обычных мельниц валковыми мельницами высокого давления для измельчения негашеной извести было достигнуто снижение расхода электроэнергии на 2,5 кВт.ч/т негашеной извести [2].

4.9 Использование отходов

4.9.1 Общие аспекты

Различные типы отходов могут заменять природные сырьевые материалы и ископаемое топливо в производстве цемента и будут способствовать, с одной стороны, сохранению природных источников и, с другой стороны, снижению материало- и энергозатрат. При этом, такие материалы и топливо называют альтернативными.

Наиболее важные показатели процесса для использования (утилизации) отходов могут быть обобщены следующим образом:

- максимальные температуры приблизительно 2000 °С (основная горелка, температура пламени) во вращающихся печах;
- время пребывания газов при температуре около 1200 °С во вращающейся печах не менее 8 с.;
- температура материала около 1450 °С в зоне спекания вращающейся печи;
- окислительная газовая атмосфера во вращающейся печи;

ПРОЕКТ

• время пребывания газов во вторичной обжиговой системе более 2 с. при температуре выше 850 °С ; в декарбонизаторе время пребывания газов ещё больше и температура выше;

• постоянная температура 850 °С во вторичной обжиговой системе или декарбонизаторе;

• постоянство условий сжигания и отсутствие колебаний вследствие высокой температуры и достаточно длительного времени пребывания;

• разложение органических загрязнителей под воздействием высокой температуры и длительного времени пребывания,

• адсорбция газовых компонентов, таких как HF, HCl, SO_2 на щелочных реагентах;

• высокая емкость связывания тяжелых металлов;

• короткое время пребывания отходящих газов в температурном интервале, способствующем синтезу полихлорированных дибензодиоксинов и фуранов;

• полная утилизация топливной золы в составе клинкера и, следовательно, повторное использование материала в качестве сырьевого компонента и дополнительная экономия энергии;

• высокий уровень химико-минералогического связывания тяжелых металлов в клинкерную матрицу;

• введенные отходы полностью связываются в минералы портландцементного клинкера; при повышении концентрации нежелательных элементов есть возможность установить байпас для удаления пыли из системы.

Поскольку в качестве сырьевых материалов и/или топлива могут применяться различные типы отходов, то перед тем как принять решение об их применении, должны быть рассмотрены основные принципы их использования, такие, как предварительная сортировка и анализ технологических процессов по их подготовке. Чтобы сохранить стандартное качество клинкера должны быть проведены предварительные исследования по влиянию отходов на процессы клинкерообразования, поскольку зола, образующаяся при сжигании топлива, полностью встраивается в клинкерную матрицу и изменяет фазовый состав клинкера. Окончательное решение о том, какой тип отходов будет принят к использованию на конкретном заводе, не может быть однотипным.

Рассмотрение и принятие решения должно быть основано на процессе производства клинкера, режимах обжига, составе сырьевых материалов и топлива, способах подачи отходов в производство, используемой технологии очистки отходящих газов, данных по проблемам менеджмента отходов.

Как правило, для отходов, принятых в качестве топлива и/или сырьевых материалов для цементной печи, необходимо учитывать калорийность отходов и количество минеральной части в отходах. Кроме того, должны учитываться объемы и категории отходов, а также их физический и химический составы, характеристики и загрязняющие примеси. Отходы, используемые в качестве топлива, используемые цементной промышленностью, являются частью, специально отобранной из отходов, которые обычно предварительно

ПРОЕКТ DRAFT

перерабатываются, например, дробятся, перемешиваются, измельчаются, гомогенизируются и приводятся в материал соответствующего качества. Восстановление отходов обычно выполняется на специальных заводах по предварительной переработке отходов.

Отходы, используемые в качестве сырьевых материалов, обычно подаются в печь в том же месте, где производится подача обычных сырьевых материалов, например, по месту подачи сырьевой смеси.

Для ввода топлива в цементную печь могут быть использованы различные точки питания. Эти точки также могут быть использованы для подачи отходов, которые могут использоваться в качестве топлива. Следует отметить, что способ питания печи топливом является очень важным, поскольку он может оказать влияние на выбросы. При подаче топлива через главную горелку при прохождении через высокотемпературную зону печи происходит разложение отходов. Относительно других точек подачи топлива можно отметить, что в этих случаях температура и время пребывания зависят от конструкции печи и ее эксплуатации.

Отходы, которые подаются через главную горелку, будут разлагаться в первичной зоне горения при высокой температуре, достигающей 2000 °C. Отходы, подаваемые во вторичную горелку, подогреватель или декарбонизатор, будут сжигаться при низкой температуре, которая не всегда достаточна для разложения хлорсодержащих органических веществ. Летучие компоненты в материале, который подается в холодный конец печи или отдельный участок печи, могут улетучиваться. Эти компоненты не проходят через первичную зону горения и не могут быть разложены или связаны в цементный клинкер. Поэтому использование отходов, содержащих летучие металлы (ртуть, таллий) или летучие органические компоненты может приводить к увеличению выбросов указанных соединений, когда используются неправильные точки ввода отходов. Чтобы избежать увеличения выбросов, такие отходы, содержащие летучие при низкой температуре компоненты (например, углеводороды), должны подаваться в высокотемпературную зону печи.

4.9.2 Использование отходов в качестве сырьевых материалов

Химическая пригодность отходов как сырьевых материалов является важным фактором: они должны обеспечивать требуемый состав производимого клинкера. Первичными необходимыми химическими соединениями являются материалы, содержащие известь, кремний, алюминий и железо, а также серу, щелочи и другие элементы, которые должны быть классифицированы по группам в соответствии с их химическим составом. При использовании отходов оксиды, содержащие в отходах, связываются в процессе обжига в клинкер, как и в случае обжига сырьевых материалов. Они содержат, как и сырьевые материалы, оксиды кальция (CaO), кремния (SiO_2), алюминия (Al_2O_3) и железа (Fe_2O_3). Зола электростанций (зола-унос), доменный и другие шлаки, белитовый

ПРОЕКТ DRAFT

шлам и другие материалы могут частично заменять природные сырьевые материалы.

Зола – унос может применяться как сырьевой материал при получении клинкера (в основном, как компонент, содержащий оксид алюминия) и как добавка при измельчении при производстве цемента. Она может заменять до 50 % портландцементного клинкера. Более того, современные побочные продукты производства гипса пригодны сами по себе для использования в качестве сульфатного компонента. В таблице 4.15 показаны отходы, применяемые как сырьевой материал, распределенные по различным группам в соответствии с их химическим составом.

Таблица 4.15 – Список отходов, классифицированных по их химическому составу, которые могут быть использованы в качестве сырьевых материалов в цементных печах (по [74])

Группа сырьевых материалов	Отходы, применяемые в качестве сырьевых материалов
Ca – группа	Промышленная известь (отходы известняка) Известковый шлам Шлам карбида кальция Осадок очистки питьевой воды
Si – группа	Формовочный литейный песок Песок
Fe – группа	Доменный и конверторный шлак Пиритные огарки Синтетический гематит Красные шламы
Al – группа	Промышленные шламы
Si-Al-Ca – группа	Зола-унос Шлаки
	Мелкие отсевы дробления, земля (грунт)
S – группа	Промышленные гипсовые отходы
F – группа	CaF_2 , шламы после фильтрации

Характеристика отдельных техногенных материалов и эффективность их применения по [9] приведены в таблице 4.16.

Портландцементный клинкер характеризуется определенным составом, который предопределяет гидравлические свойства цемента. Это означает, что все сырьевые материалы и зола топлива должны быть тщательно подобраны по минеральному составу и скорости подачи, чтобы получить заданный состав клинкера.

Таблица 4.16 – Эффективность применения техногенных материалов

Материал	Содержание, %	Возможный		

ПРОЕКТ ДРАФТ

	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	ГВ[1]	ввод, % к клинкеру	Ограни-чение по	Экономия топлива, кут/т кл.
Белитовый (нефелиновый)	6	0	3	3	-	75 (в шлам)	SiO_2	80
Шлак доменный 1	7	6	8	0,4	-	60 (в печь)	SiO_2	100
Шлак доменный 2	7	7	5	0,4	-	40 (в печь)	Al_2O_3	80
Зола	5	1	3	7	~5	35 (в шлам)	SiO_2	25
Углеотходы	4	5	6	7	~22	20 (в шлам)	ГВ	45

Отходы, используемые как сырьевые материалы, поступают в обжиговую печь или декарбонизатор с сырьевой смесью. В период нагревания в подогревателе органические компоненты могут высвобождаться из печного питания при низкой температуре, которая не всегда достаточна для разложения галогенсодержащих органических веществ. При переработке отходов, они должны быть проверены на потенциальную возможность выделения органических соединений и, соответственно, должно быть выбрано место подачи материала в печь.

Особенность мокрого и сухого способов производства клинкера применительно к использованию минеральных и горючих отходов обусловлена двумя отличительными аспектами: мокрым и сухим помолом сырья и теплообменом в подготовительных зонах: через поверхность материала и в пылегазовом потоке. Различия в подготовке сырья связаны с тем, что многие минеральные техногенные материалы, например, шлаки, при мокром помоле активизируются, гидратируются и твердеют, в результате чего зарастают трубопроводы и образуются осадки в бассейнах. Поэтому шлак нельзя вводить в мельницу при помоле шлама, а целесообразно подавать непосредственно в печь, предварительно смешав его со шламом (рисунок 4.16). Это исключает избирательный пылеунос и снижает его величину. При сухом же способе минеральные отходы являются компонентом и размалываются с другими составляющими сырьевой смеси.

[1] ГВ – горючее вещество

ПРОЕКТ DRAFT

Рисунок 4.16 – Рациональные схемы применения минеральных отходов при различных способах производства клинкера

При применении техногенных материалов с невысоким содержанием горючего вещества при их подаче в печную систему возникает проблема стабилизации химического состава клинкера. Поэтому при высоком содержании минеральной составляющей применяется специальная технологическая схема с реактором для предварительного сжигания горючего вещества и выделением минеральной части, подаваемой в сырьевую мельницу (рисунок 4.17).

Подобная схема реализована фирмой KHD Humboldt Wedag на заводе Rüdersdorf, где для сжигания различных топливосодержащих отходов, в частности золы, установлен специальный реактор взвешенного слоя.

При применении горючих материалов с невысоким содержанием минерального вещества целесообразно отходы подавать непосредственно в декарбонизатор.

На заводе комбинированного способа в Lägerdorf (Германия) применяется более 60 % альтернативного топлива и более 10 % минеральных отходов (рисунок 4.18).

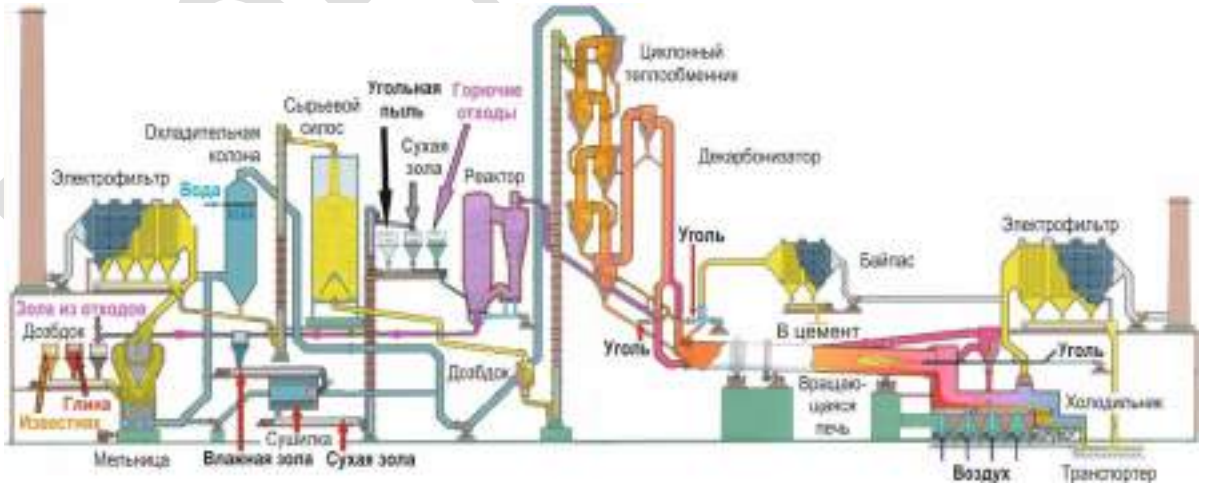


Рисунок 4.17 – Технологическая линия получения портландцементного клинкера со специальным реактором для сжигания различных отходов

Рисунок 4.18 – Альтернативные материалы, применяемые на заводе комбинированного способа в Lägerdorf (Германия).
Синий цвет – альтернативное сырье, красный – альтернативное топливо

При мокром способе производства наиболее рациональный вариант применения материалов, содержащих горючие вещества – совместный помол техногенного продукта с традиционными сырьевыми компонентами [74]. В этих условиях достигается заданный стабильный химический состав шлама, так как при совместном помоле сырьевых компонентов и топливосодержащих техногенных материалов корректировка производится традиционным способом.

Теплотехнические расчёты и испытания, проведенные на ряде цементных заводов в РФ, показали, что каждый процент введенной в шлам горючей массы обеспечивает экономию около 15 кг условного топлива на тонну клинкера [75]. При введении выгорающих добавок в шлам необходимо повысить коэффициент избытка воздуха в факельном пространстве, что приводит к снижению температуры горения. Теплотехнические расчеты и промышленные испытания свидетельствуют, что для обеспечения необходимой температуры факела для спекания клинкера в сырьевую смесь можно вводить до 3 % выгорающей добавки. Это позволит заменить до 45 к.у.т./т клинкера ценного форсуночного топлива на горючие отходы.

Одновременно при этом дополнительно обеспечивается еще три положительных эффекта. Органическая составляющая техногенных материалов, как правило, является разжижителем и интенсификатором помола шлама, что приводит к снижению его влажности и повышению производительности сырьевых мельниц и, следовательно, к экономии топлива и электроэнергии. Выгорание горючей составляющей интенсифицирует подготовку материала до зоны спекания, что способствует предотвращению образования клинкерной пыли, и, следовательно, снижению загрязнения окружающей среды. Кроме того,

клинкер, полученный из сырьевой смеси с выгорающими добавками, более пористый и имеет повышенную размолоспособность, из-за чего повышается производительность цементных мельниц, что приводит к дополнительной экономии электроэнергии.

При выборе и применении отходов в качестве сырьевого материала следует принимать во внимание следующие факторы:

- изначально отходы состоят из тех же оксидов как и клинкер;
- низкая концентрация тяжелых металлов, однако, необходимо учитывать присутствие ртути, таллия и аналогичных металлов;
- регулярный контроль материалов с отбором и анализом используемых отходов.

4.9.3 Использование отходов в качестве топлива

Обычное ископаемое топливо может быть частично заменено альтернативным топливом (АТ), то есть остатками после сортировки отходов, содержащих твердые или жидкие горючие остатки топлива и/или биомассы. В состав АТ входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр.

Альтернативное топливо имеет калорийность в среднем 20 ± 2 МДж/кг, что сопоставимо с калорийностью углей и газа. К примеру: 1,7 кг АТ замещают 1 $м^3$ природного газа. Величина зерна АТ составляет ~20-25 мм. Содержание опасных составляющих в топливе строго контролируется и не превышает допустимых норм.

Средний цементный завод может потреблять от 40 до 100 тысяч т/г альтернативного топлива при замещении до 30 % основного топлива.

В странах ЕС существует законодательно оформленное целое направление в утилизации отходов - производство АТ. Следует отметить, что сегодня в ЕС существуют предприятия, использование альтернативных видов топлива различной природы на которых, достигает 100% от общего потребления топлива. Так, на цементном заводе «Dückerhoff» в г. Ленгерих (Lengerich, Германия) доля альтернативного топлива составляет примерно 60 % от общего расхода топлива, на цементном заводе «Rüdersdorf» (Германия) – до 70 %, на цементном заводе «Wietersdorf» (Австрия) – более 50 %, а на цемзаводе Zementwerke Rrogbeumker (Германия) – 100 %. На территории Турции расположены 55 цементных заводов, и примерно 35 из них имеют лицензии на использование отходов в качестве альтернативного топлива.

На большинстве цементных заводов в ЕС ископаемое топливо заменяется альтернативным топливом с высокой степенью замещения: в среднем 46 % за 2019 г. для 27 полноправных государств-членов Cembureau и 4 ассоциированных участников соглашения о сотрудничестве [76]. Та же тенденция наблюдается у производителей цемента во многих странах мира [77].

Всего в 2019 г. цементными предприятиями Турции утилизировано в качестве альтернативного топлива и сырья 2,6 млн т отходов [78].

DRAFT

Природный газ в европейской цементной промышленности используется только как резервное топливо, или как вспомогательное – для поддержки горения трудно сгораемого топлива, углеродсодержащих отходов и розжига печей.

В США есть опыт обеспечения АТ цементного завода мощностью 1,6 млн тонн цемента в год с помощью мусороперерабатывающей установки, окупаемость которой составляет до 3 лет. Цементные заводы в Европе получают отходы, которые могут использоваться в качестве топлива, даже с доплатой за их утилизацию, так как использование печей цементных заводов для этой цели обходится как местным властям, так и предприятиям дешевле, чем вывоз мусора на свалку или утилизация в специальных установках с дорогостоящей технологией и значительными капитальными затратами на строительство.

Различные типы альтернативного топлива, замещая ископаемые виды топлива, тем самым решают 2 важнейшие задачи: сохранность (экономия) природных ресурсов и утилизация части образующихся в процессе потребления и использования товаров и услуг отходов, что совпадает с основными принципами экономического регулирования в области обращения с отходами.

В настоящее время используется большое количество различных типов отходов, которые можно использовать в качестве топлива. Отходы могут быть твердыми, жидкими или пастообразными в зависимости от источника их образования, например, промышленные, сельскохозяйственные, городские. Соответственно, для производства (извлечения) из них АТ требуется предварительная переработка, часто довольно серьезная: сепарация, измельчение, смешивание, сушка и т.п., дающая в итоге гарантии постоянства его состава и качества.

Решение проблемы организации переработки горючей части отходов для снижения доли захоронения и получения альтернативного топлива для сжигания на цементном заводе предполагало выполнение нескольких основных требований:

- должны быть сохранены существующее качество продукции и экологическая обстановка на цементном заводе, а также соблюдены нормы существующего экологического законодательства при работе цементного завода на альтернативном топливе;
- цементный завод должен быть освобожден от работы с отходами, как от непрофильного бизнеса. Альтернативное топливо должно поступать на завод как товар, в сопровождении необходимых документов (сертификат соответствия), отвечать требованиям и характеристикам, необходимым для замещения минерального топлива;
- должны быть соблюдены экономические целесообразность и взаимовыгодный интерес цементников и мусороперерабатчиков.

При мокром и сухом способах производства необходимо применять различные технологические способы утилизации отходов, которые могут использоваться в качестве топлива. Это связано со следующими

обстоятельствами. В подготовительных зонах вышеприведенных печных систем проявляются различные условия теплообмена (рисунок 4.19).

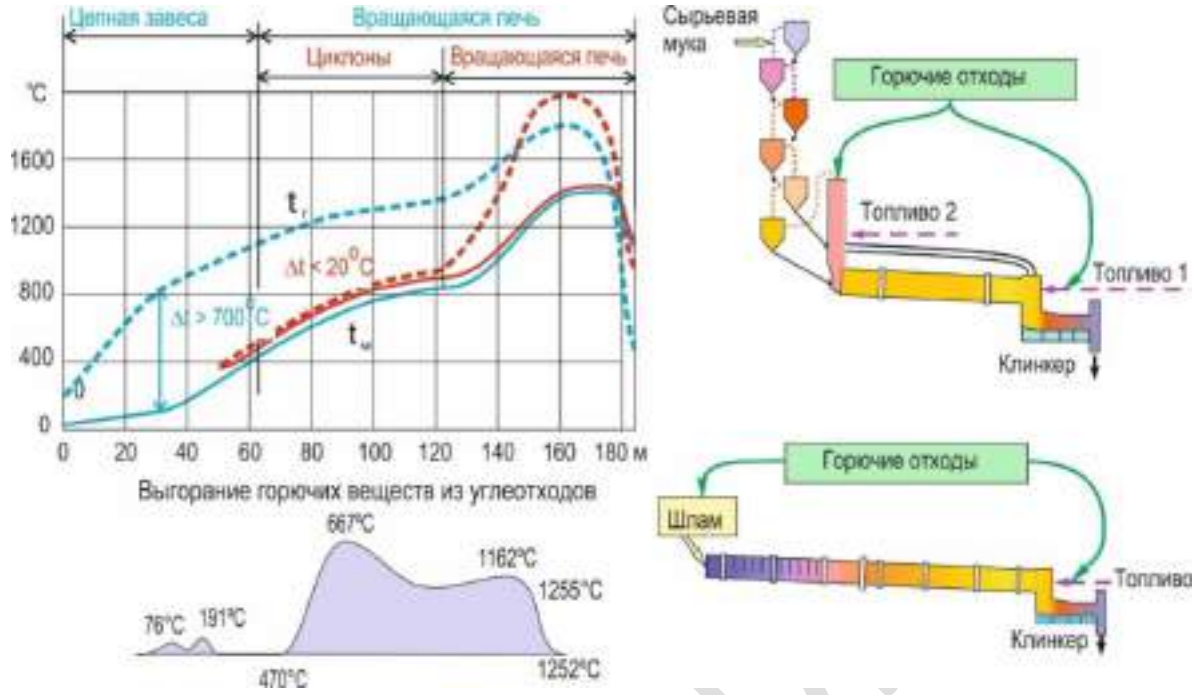


Рисунок 4.19 – Рациональный способ подачи отходов при сухом и мокром способах производства

В печи мокрого способа в зонах сушки, подогрева и декарбонизации тепло во вращающейся печи передается через поверхностный слой, и поэтому температура газового потока превышает температуру материала более чем на 700 ºС. Учитывая, что при нагревании многих горючих материалов выход летучих веществ происходит при 150-500 ºС до воспламенения топлива (~ 650 ºС), то при мокром способе, где температура газа в этой области выше 900 ºС и, следовательно, обеспечится воспламенение и сгорание летучих. Поэтому горючие вещества при мокром способе можно подавать в сырьевую мельницу при приготовлении шлама.

При сухом же способе теплообмен в подготовительных зонах в циклонах и декарбонизаторе, где материал в пылевидном состоянии распределен в газовом потоке, происходит за доли секунды. Поэтому температура материала и газа практически выравнивается, и если подавать материал в сырьевую смесь, то в первом циклоне при ~ 350 ºС будет происходить выход летучих без их выгорания, что приведет к безвозвратной потере тепла, к возможному взрыву в электрофильтре и загрязнению окружающей среды. Поэтому при сухом способе выгорающие отходы нельзя подавать в сырьевую смесь. Кроме того, эти отходы сырья, которые могут содержать летучие органические соединения, приведут к увеличению выбросов из дымовой трубы (например, ООУ / ЛОС, диоксины и фураны и т. д.), поскольку они не попадают в достаточно высокотемпературные зоны печи.

Если при применении минеральных техногенных материалов снижается удельный расход тепла на обжиг клинкера и, следовательно, пропорционально повышается производительность печи, то при применении горючих добавок один вид топлива заменяют на другой, и поэтому производительность печи остаётся неизменной.

Эффективность применения минеральных и топливосодержащих техногенных материалов приведена на рисунке 4.20 и свидетельствует, что при

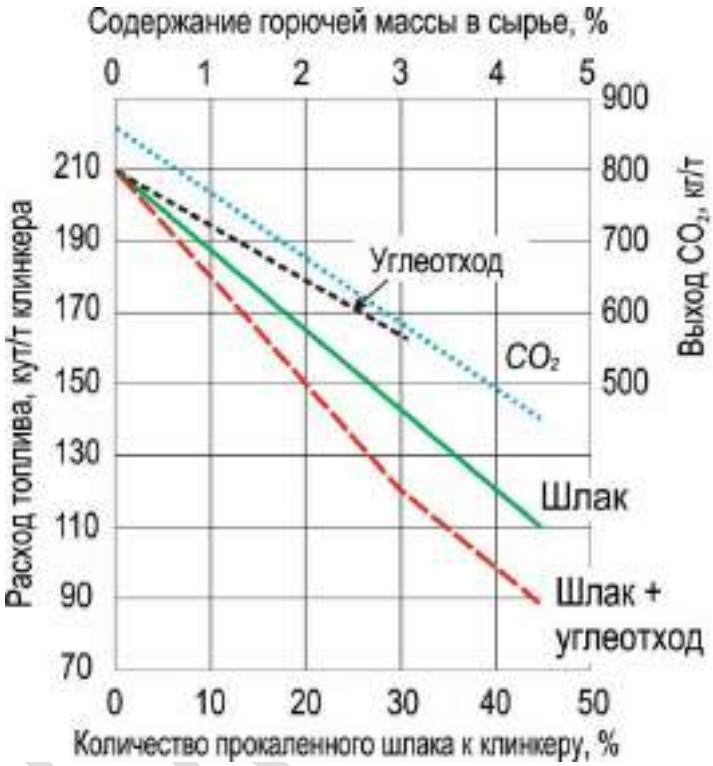


Рисунок 4.20 – Эффективность применения минеральных и горючих техногенных материалов

их совместном применении можно в пределе снизить удельный расход технологического ценного форсуночного топлива ниже 100 кут/т клинкера, т.е. приблизиться к расходу по сухому способу.

Если даже только частично реализовать данное направление с введением до 25 % шлака и 2,5 % горючего вещества, то можно достичь величины ~ 130 кут/т, и снизить выброс CO_2 в атмосферу на 200 кг/т клинкера.

Еще одним направлением является утилизация отработанных автомобильных шин. Топливо из покрышек по теплотворной способности примерно равноценно мазуту и на 25% превосходит уголь [79]. Компоненты, входящие в состав автопокрышек привносят необходимый оксид железа и используются при образовании клинкера, поэтому этот способ их утилизации считают самым эффективным среди всех существующих.

Так как автопокрышки имеют большие габариты и массу, разработаны различные способы их подачи в печь для сжигания. Следует учитывать, что в

соответствие с [80] требуется предварительное измельчение и подготовка шин к утилизации. В ЕС допускается использование целых шин.

Результаты различных испытаний подтвердили, что с точки зрения экономии форсуночного топлива и обеспечения экологической чистоты атмосферы оптимальным является замена 10% основного топлива изношенными покрышками. Опыты показали, что концентрация вредных веществ в отходящих газах зависит в гораздо большей степени от организации сжигания и теплотехнического режима печи, чем от вида топлива [79].

На заводе фирмы Southdown в штате Калифорния (США) в печь производительностью 1 млн т/год с декарбонизатором Pyroclon, 11,5% от общего количества топлива в виде обрезков в размере 50 мм вводилось в декарбонизатор, а 11,5% от общего количества топлива в виде целых шин вводилось в вертикальный газоход. До этого в декарбонизаторе сжигался уголь в количестве 55% от общего количества топлива. После подачи вышеуказанного количества покрышек доля угля в декарбонизаторе была уменьшена до 43,5% от общего количества. Количество угля, подаваемого с разгрузочного конца, уменьшилось с 45% до 33,5% от общего количества топлива. На печи завода в г. Вильдегг (Швейцария) для сжигания шин была смонтирована форкамера, что позволило увеличить долю вторичного топлива до 50%, снизить выбросы NO_x на 40% [81].

Вышеперечисленные факты говорят о том что, утилизация в цементных печах отходов, которые могут использоваться в качестве топлива, позволяет существенно уменьшить потребление дорогостоящего топлива (газ, мазут, уголь) и снизить затраты на производство цемента. При мокром способе их необходимо подавать через шлюзовый затвор в зону декарбонизации. Такой способ был успешно осуществлен на «Кавказцементе» и в настоящее время работает в Беларуси на Цементно-шиферном комбинате. Ввод шин обеспечивает экономию до 10 % основного топлива.

При сухом способе утилизация отходов, которые могут использоваться в качестве топлива в печных системах, происходит их подача в зону горения вращающейся печи и в декарбонизатор.

В тех случаях, когда применяют горючие материалы с невысоким содержанием минерального вещества, целесообразно такие отходы подавать непосредственно в декарбонизатор. Для обеспечения в нем полного сжигания отходов фирма KHD Humboldt Wedag применяет систему PYROTOP, которая повышает время пребывания крупных горючих веществ в декарбонизаторе из-за завихрения газового потока в камере PYROTOP и обеспечивает их полное сгорание (рисунок 4.21).

ПРОЕКТ DRAFT

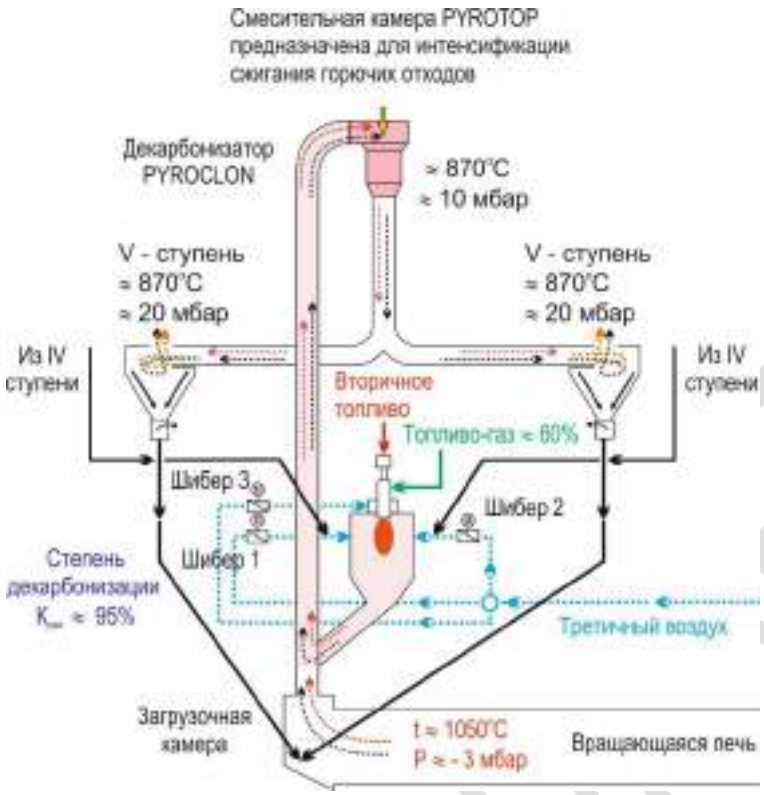


Рисунок 4.21 – Система с вихревой камерой PYROTOP, обеспечивающая полное сгорание отходов, применяемых в качестве топлива

4.9.3.1 Виды отходов, которые могут быть использованы в качестве топлива

В соответствии со Ст. 338 Экологического кодекса РК [1] и Классификатором отходов [82] все отходы подразделяются на опасные или неопасные. Отдельные виды отходов могут быть определены одновременно как опасные и неопасные с присвоением различных кодов («зеркальные» виды отходов) в зависимости от уровней концентрации содержащихся в них опасных веществ или степени влияния опасных характеристик вида отходов на жизнь и (или) здоровье людей и окружающую среду.

Виды отходов определяются на основании классификатора отходов, утвержденного уполномоченным органом в области охраны окружающей среды. Классификатор отходов разрабатывается с учетом происхождения и состава каждого вида отходов и в необходимых случаях определяет лимитирующие показатели концентрации опасных веществ в целях их отнесения к опасным или неопасным.

На интернет-портале размещен Государственный кадастр отходов производства и потребления, представляющий собой систематизированный, периодически пополняемый и уточняемый свод унифицированных сведений по каждому объекту размещения отходов, а также видов отходов, их происхождения и физико-химических, компонентного состава, количественных

и качественных показателей, условий хранения, захоронения и сброса, технологий их использования и обезвреживания [83].

Поскольку процесс обжига клинкера характеризуется благоприятными условиями для использования отходов, отходы, которые могут применяться в качестве топлива, используются для замены части обычного топлива. Как показано в таблице 4.18, в цементных печах в качестве топлива могут использоваться различные типы отходов.

Таблица 4.18 – Различные типы отходов, которые могут быть используемые как топливо для вращающихся печей по [74]

№ п/п	Тип отходов	Наименование отходов
1	неопасные	дерево, бумага, картон
2		текстиль
3		пластмассы
4		продукты перегонки
5		шины/резина,
6		промышленные шламы (не содержащие опасных соединений)
7		городские сточные воды
8		отходы животноводства
9		уголь/отходы углерода
10		сельскохозяйственные отходы
11	опасные	твердые отходы (насыщенные древесные опилки)
12		растворители и соответствующие отходы
13		нефть и нефтяные отходы,
14		другие

Отходы с высокой калорийностью могут заменять первичное топливо в цементных печах, поэтому постоянство качества отходов является обязательным (например, достаточная теплотворная способность, низкое содержание тяжелых металлов, хлора, золы, способность к горению, горючесть).

Наряду с влажностью и зольностью, важными характеристиками и параметрами топлива, получаемого из отходов, являются его теплотворная способность (таблица 4.19), содержание серы, хлора и тяжёлых металлов (особенно ртути, и некоторые полулетучие металлы, такие как мышьяк, кадмий, сурьма, свинец, таллий и другие менее летучие металлы, такие как марганец, хром, медь, кобальт, никель и ванадий). Кроме того, необходимо, чтобы топливо обладало определенными геометрическими характеристиками, определяемыми транспортной системой подачи АТ на горелку и размером сопел самой горелки. Оценка пригодности топлив из отходов, как правило, базируется на максимально допустимых концентрациях вредных веществ в отходах.

Таблица 4.19 - Характеристики теплотворной способности и зольности видов топлива из опасных и не опасных отходов [по 2]

EGET DRAFT

Видов отходов, которые могут быть использованы как топливо	Значения теплотворной способности (МДж/кг)	Зольность, %
Древесина (отходы пилорам, ДСП, ж/д шпалы) при влажности 25%	приблизительно 16	до 1,5
Бумага, картон	3 – 16	до 8
Текстиль	до 40	не опред.
Пластики (первичная переработка)	17 – 40	до 2
Топливо из ТБО (RDF)	18 – 20	10 – 22
Резина/шины	приблизительно 26	7
Промышленный шлам	8 – 14	до 30
Костная мука и жиры животных	14 – 18, 27 – 32	не опред.
Мука туши животного	14 – 21,5	не опред.
Сельскохозяйственные отходы	12 – 16	до 10
Растворители, масла, отходы ЛКМ и др.	20 – 36	не опред.
Шлам сточных вод (влажность > 10%)	3 – 8	до 40
Шлам сточных вод (влажность < 10% до 0)	8 – 13	до 40

Во многих странах (в ЕС, США и многих странах мира) в критериях разрешений установлены предельные значения для веществ в отходах, используемых в качестве альтернативного топлива.

Для информации, ниже (таблицы 4.20 и 4.21) приведен пример для австрийских цементных заводов максимальных (предельных) значений, а также средних и 80-й процентиль [84, 85].

4.9.3.2 Твердые отходы, которые могут быть использованы в качестве топлива

Не каждые способные к горению отходы пригодны в качестве топлива при получении клинкера.

Твердые отходы могут быть однородными или неоднородными смесями разнообразных компонентов, таких как:

- частиц с разной способностью к горению, например, бумага, картон, пластмасса, резина, обломки (остатки обработки) дерева;
- смесями с различным количеством инертных материалов, содержащих органические фракции, например песка, камня, керамики, железистые и нежелезистые металлы, органические влажные материалы;

Таблица 4.20 – Примеры разрешительных критериев (максимальные значения) для веществ в отходах (альтернативные виды топлива) на цементных заводах Австрии по [84]

Параметры	Отработанное топливо, кроме шлама сточных вод (теплотворная способность = 25 МДж / кг)	Бумага и шлам сточных вод	Отработанное смазочное масло, растворители, лакокрасочные отходы	Пластик, фракции с высокой теплотворной способностью	Отработанное дерево	Использованные шины	Бумага	Каучук	Стерилизованная мясная кашица, костная мука
	Максимальные значения (мг/кг сухого вещества)								
As	15	5-10	10-20	15	15	-	0.5	36	0.3
Sb	200	20	10-100	20-30 (800([1]))	20	-	0.5	8.4	1
Pb	150	100-500	250-800	500	300-800	-	500	33.8	2
Cd	5	3-5	1-20	25-27	10-15	-	5	8	0.1
Cr	150	100-500	50-300	300	70	-	300	97	5
Co	50	50-60	3-25	20-100	14	-	60	128	1
Cu	700	650-600	500	500	100-400	-	600	748	15
Mn	500	700	70-100		150	-	300	4250	30
Ni	100	60	40-100	200	100	-	80	200	1.5
Hg	0.5	2-3	1-2	0.86-2	1	-	0.6	0.4	0.2
Tl	3	3	1-5	3-10	2	-	5	1	0.6
V	100	100	10-100	70	60	-	15	40	1
Zn	-	1000-2000	300-3000	-	1000	20000	2000	11400	150
Sn	50	10-50	-	70	-	-	10	20	1.5
Cl	1 wt-% ([2])	0.8 wt-%	1 wt-%	2 wt-%	0.5 wt-%	-	-	-	-
S	3 wt-%	-	-	-	-	-	-	-	-

ПРОЕКТ DRAFT

Таблица 4.21 - Примеры критериев разрешений (средние значения и 80-й процентиль) для веществ в отходах (альтернативные виды топлива) на цементных заводах Австрии по [85]

Параметры	Бумага и шлам сточных вод	Отработанное смазочное масло, растворители, лакокрасочные отходы	Пластик, фракции с высокой теплотворной способностью	Отработанное дерево	Использованные шины	Бумага	Каучук	Стерилизованная мясная кашица, костная мука
	средние значения и 80-й процентиль (мг/кг сухого вещества)							
	средние значения	средние значения	средние значения	80-й процентиль	80-й процентиль	средние значения	средние значения	80-й процентиль
As	3.78	12	6	10	10	0.46	16.4	0.2
Sb	4.97	67	6	20	20	0.37	5.72	0.6
Pb	25.5	59	180	150	150	31.85	28	1.5
Cd	1.02	0.5	0.6	15	5	0.63	3.9	0.05
Cr	28	8	30	150	50	12.2	26	3
Co	6.6	1	1.8	15	10	3.6	80	0.4
Cu	160.5	52	300	300	50	10.75	300	12
Mn	350	0.1	42	200	150	287	28.6	25
Ni	22	1	24	100	100	11.1	77	1
Hg	1.2	0.47	0.6	0.6	0.5	0.26	0.02	0.1
Tl	6.69	0.05	0.6	1.5	1	1.11	0.4	0.3
V	16.05	1	6	30	60	6.11	12	0.5
Zn	40.6	390	30	30	20	1.76	10	1
Sn	877	1000	180	-	-	34.9	8597	120
Cl	-	0.4 wt-%	-	-	-	-	-	-
S	-	2 wt-%	-	-	-	-	-	-
PCB/PCT	-	50	-	-	-	-	-	-

ПРОЕКТ DRAFT

• вредных, например, шины, смолы, пропитанные древесные отходы или неопасных материалов.

На рисунке 4.22 показаны некоторые виды отходов, которые могут быть использованы в качестве топлива.

Отходы, смешанные городские отходы, смешанные коммунальные отходы или отходы разрушения конструкций должны пройти предварительное испытание с выделением высококалорийных фракций. Объем предварительной переработки отходов – сортировка, дробление, подготовка окатышей – зависит от области применения данных отходов.

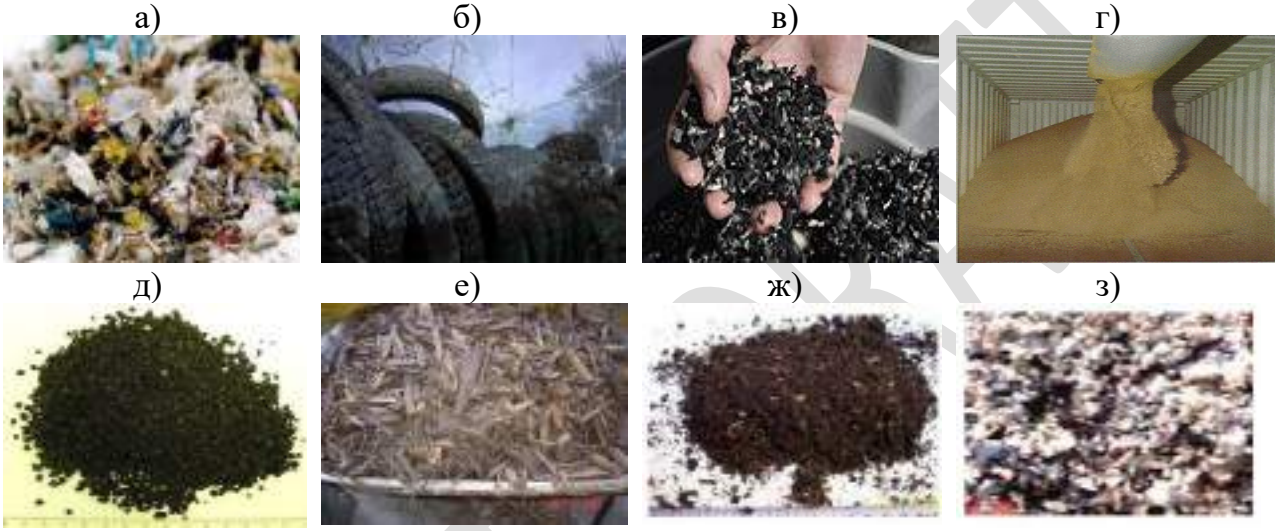


Рисунок 4.22 – Виды отходов, которые могут быть использованы в качестве альтернативного топлива по [2]: а – твердые бытовые отходы; б – шины; в – измельченная резана, каучук; г – кормовая мука; д – осадки сточных вод; е – древесная щепа; ж – пропитанные маслами древесные опилки;з – специально подготовленные отходы на основе бумаги, пластика и текстиля

Технологии подготовки твердого топлива в большой степени зависят от типа отходов и требований цементной промышленности. Одним из основных требований, проистекающих из способа транспортировки материала и типа используемой горелки, является подача отходов, которые могут быть использованы в качестве топлива:

• в главной обжиговой системе (на головке печи или выходном отверстии, вдувание топлива через форсунку): высокая абразивность отходов – высушенного шлама – и необычная форма частиц и их размеры могут привести к проблемам эксплуатации. Когда используется пневматическая система транспортировки чтобы подать твердые отходы, которые могут использоваться в качестве топлива, в печь, можно избежать повреждения и заклинивания вращающихся частей (пневматическая система всецело функционирует без движущихся частей). Количество подаваемого воздуха, инжектируемого в печь с отходами, ничтожно в общем объеме, необходимом по стехиометрии для горения. Крупные частицы вызывают необходимость применения более

мощных пневматических конвейерных линий и вентиляторов. Поэтому важным шагом процесса является снижение размера и дезагломерация отходов, которые могут быть использованы в качестве топлива, (обычно размер окатышей не должен превышать 25 мм). Среднее уплотнение при слабой агломерации окатышей способствует улучшению текучести топливных отходов и их дозировки;

- вторичная обжиговая система (топливо подается в печь через впускное отверстие между печью и нижним циклоном или кальцинатором); ограничение размера для твердых отходов, которые могут использоваться в качестве топлива не важно для вторичной обжиговой системы. Кроме того, могут использоваться отходы с высоким содержанием золы;
- в последние годы фирмами FLSmidth и Thyssen Krupp предложены камеры сгорания HOTDISC и PREPOL, позволяющие сжигать низкосортные и крупнокусковые (размером до 1,2 м) альтернативные виды топлива.

Одним из способов утилизации автомобильных шин является сжигание их в печном агрегате в качестве альтернативного топлива. Низшая теплота сгорания автомобильных шин составляет 32 - 34 МДж/кг (по данным ГОСТ Р 54095-2010 [84]), что эквивалентно теплоте сгорания качественного каменного угля, т. е. отработавшие автомобильные покрышки обладают высоким теплотехническим потенциалом для использования в качестве технологического топлива, поскольку они состоят в основном из продуктов переработки нефти. Зола, образовавшаяся после утилизации изношенных автомобильных покрышек во вращающейся печи, переходит в портландцементный клинкер, таким образом, не образуются новые отходы.

Экономически эффективная утилизации автошин позволит не только решить экологические проблемы, но и обеспечить высокую рентабельность перерабатывающих производств. Ликвидация свалок изношенных шин позволит освободить для использования по назначению значительные площади занимаемых ими земель.

4.9.3.3 Жидкие отходы, которые могут быть использованы в качестве топлива

Жидкие отходы, которые могут быть использованы в качестве топлива, обычно приготавливаются смешением различных отходов использованных растворителей, красок или нефтяных отходов с подходящей величиной теплотворной способности с использованием специальных средств менеджмента.

Жидкие отходы в большинстве опасные отходы. Это необходимо учитывать при обращении с ними, например, при складировании, подаче материала, чтобы предотвратить выбросы органических соединений. Существуют некоторые технологии, например, испарители, которые используются где это необходимо. Система испарения эксплуатируется таким

образом, чтобы обеспечить выход органических веществ только при согласовании с работой системы испарения и не выпускает пары органических веществ в воздух при нормальной работе, что необходимо с точки зрения безопасности.

4.9.3.4 Требования по качеству отходов и входной контроль

Отходы, используемые как сырьевые материалы и/или как топливо в цементных печах, должны обладать стандартным качеством, поскольку топливные золы полностью связываются с образованием клинкера, минимальным негативным действием на состав клинкера и не давать дополнительных выбросов в атмосферу. Кроме того необходимо стабильное качество отходов. Чтобы гарантировать характеристики отходов, которые могут использоваться в качестве топлива, требуется система менеджмента качества. Кроме того, должны учитываться требования существующих нормативных документов как указано в разделе 4.9.3.1 выше. Основная роль требований качества заключается в признании отходов как топлива и/или сырьевых материалов, если они обеспечивают дополнительно следующее:

- калорийность за счет органической части;
- увеличение материала за счет минеральной части.

Высокая калорийность отходов может быть использована для замены первичного топлива в цементной печи. Следует отметить, что величина калорийности отходов колеблется в широких пределах (см. раздел 4.9.3.2).

Подготовка и переработка различных типов отходов, которые могут использоваться как топливо, или отходов, содержащих фракции с высокой калорийностью, обычно выполняют вне цементного завода. Такие отходы обычно подготавливаются и перерабатываются поставщиком или специализированными организациями, применяющими специальные устройства и оборудование для получения продукта, пригодного для использования в цементных печах без дополнительной подготовки на цементном заводе. Однако, до их использования в цементных печах, отходы регулярно проверяются и анализируются персоналом цементного завода. Используется специальное лабораторное оборудование для проверки различных качественных характеристик материала.

Технологии подготовки и переработки отходов определенного качества зависят от характеристик вводимого материала и требований потребителя. Даже однотипные отходы специального производства до их применения перерабатываются и смешиваются в установках, предназначенных для отходов, чтобы обеспечить однородность смеси и постоянство качества: термических свойств и химического состава. Любые неоднородные отходы, похожие на смесь твердых отходов различных источников или отобранная фракция из смешанных городских отходов, требует повышенного контроля для обеспечения надежного качества с постоянным малым вводом загрязнителя.

ПРОЕКТ DRAFT

Важными характеристиками и параметрами отходов, которые могут быть использованы в качестве топлива, являются величина калорийности, а также содержанием воды, серы, хлора, тяжелых металлов (особенно ртути и таллия) и золы. Дополнительной важной характеристикой является способность к горению (горючесть). Хлор может оказывать негативное действие на процесс производства. Поэтому приемлемая концентрация хлора зависит от индивидуальной ситуации на агрегате (установке, аппарате). Однако эта концентрация должна поддерживаться на минимальном уровне, чтобы предотвратить эксплуатационные проблемы печной системы, например, замазывание теплообменника. В случае повышенного количества хлора необходима байпасная система, чтобы предотвратить замазывание, остановку и т.д. Типичная концентрация хлора находится в пределах 0,5 – 2 %.

Обычно отходы, которые могут быть использованы в качестве топлива, накапливаются в значительном количестве. При выборе источника таких отходов первым шагом является снижение доли материала, который может причинить проблемы в производственном процессе цемента или в его качестве.

При выборе топлива (обычного или отхода) также необходимо учитывать требования к качеству материала. Поэтому для производства цемента пригоден только ограниченный круг и количество соответствующих отходов. Имеются ограничения по типам и количеству таких отходов, пригодных для производства цемента, которые сильно зависят от специфичных обстоятельств.

4.9.3.5 Концентрация металлов в отходах

Концентрация металлов изменяется в зависимости от происхождения отходов. Во многих Европейских странах законодатели и/или промышленность выпустили список с максимально допустимой величиной концентрации металлов для выбора отходов, которые будут использованы в качестве топлива или сырьевых материалов как указано в разделе 4.9.3.1 выше. Критерии для определения пригодности отходов, которые могут быть использованы в качестве топлива, включают в себя:

- значимость влияния цементной промышленности на окружающую среду в контексте с региональным развитием промышленности;
- усилия, направленные на гармонизацию региональных законов и стандартов по охране окружающей среды;
- уровень загрязнителей в традиционных сырьевых материалах и отходах;
- условия производства и выбросы;
- альтернативные методы обезвреживания отходов;
- необходимую минимальную величину калорийности;
- требования к качеству цемента.

ПРОЕКТ DRAFT

4.9.3.6 Складирование и транспортировка отходов

Отходы, которые могут быть использованы в качестве топлива, обычно подготавливаются на специализированных обслуживающих предприятиях. Подаваемые подготовленные отходы необходимо только складировать на цементном заводе и затем в отмеренном количестве подавать в цементную печь. После поставки партии отходов они имеет тенденцию изменяться, поскольку рынок отходов быстро развивается. Поэтому благоразумно проектировать многоцелевые склады/заводы по подготовке отходов.

Жидкие отходы, которые могут быть использованы в качестве топлива, в большинстве случаев являются опасными отходами. Это необходимо учитывать при их доставке, при складировании, при подаче в производство. Кроме того, для потенциально самовозгорающихся материалов должны быть предусмотрены специальные меры, особенно когда используются отходы, доставленные с предприятий по подготовке и сортировке отходов на фракции.

ПРОЕКТ DRAFT

5 ТЕХНИКИ, КОТОРЫЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ПРИ ВЫБОРЕ НДТ

5.1 Техники, которые рассматриваются при выборе НДТ, при производстве цемента

5.1.1 Потребление электроэнергии путем применения отдельно или совместно следующих технических решений:

(а) использование системы управления электрическими мощностями;

(б) использование помольного и другого оборудования с высокой энергетической эффективностью;

(в) применение высокоэффективных интенсификаторов процесса измельчения материалов

(г) мониторинг потребления электроэнергии (счетчики электроэнергии) во всех цехах/ оборудовании с высоким уровнем потребления и в как можно большем количестве точек по всему заводу (записи, которые будут использоваться для определения ситуации и внесения улучшений, когда это возможно)

Описание

Использование электрической энергии может быть минимизировано внедрением ISO 50001, (Система энергоменеджмента), установкой систем управления мощностью и применением энергетически эффективного оборудования, такого как роликовые прессы (роллер-прессы) – вальцы высокого давления для измельчения клинкера, вентиляторов с переменной скоростью вращения, а в некоторых случаях путем замены морально устаревших типов сырьевых мельниц на новые (см. раздел 4.8.2.). Для снижения энергопотребления широко применяются интенсификаторы помола цемента.

Техническое описание

Основными направлениями применения систем управления мощностью в цементной отрасли являются (раздел 4.8.2):

- привод вращающейся печи;
- ленточный питатель;
- привод насосов различного назначения;
- вентилятор решеток колосникового холодильника;
- привод колосников холодильника печи;
- привод дымососов и вентиляторов;
- привода других электродвигателей.

Внедрение регулируемых приводов не только повышает энергоэффективность, но и позволяет в полной мере автоматизировать процесс производства цемента. Автоматизация технологических процессов, кроме

ПРОЕКТ DRAFT

снижения электропотребления, приводит к экономии топлива и повышению качества выпускаемого продукта.

Применение энергоэффективного оборудования, в частности современных мельниц и дробилок, обеспечивает существенное снижение энергопотребления (раздел 4.8.2).

Существенную роль в сокращении потребления электрической энергии при помоле играет применение различных добавок и современных интенсификаторов помола цемента.

Применение улучшенной системы контроля и снижение подсоса воздуха позволяют оптимизировать потребление электрической энергии. Некоторые технологии снижения выбросов оказывают положительное влияние на потребление энергии, например, оптимизация процесса технологического контроля.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления электрической энергии.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Основные данные техник по снижению энергопотребления приведены в разделах 3, 4.8.2.

Технологические показатели, получаемые при реализации НДТ, приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технологические показатели для НДТ

Технологический показатель	Единица измерения	Значение
Удельный расход энергии на производство 1 т портландцемента:	кВт·ч/т цемента	
- для заводов сухого способа производства;		110–140
- для заводов мокрого способа производства		100–135

Экономия электрической энергии при использовании управления мощностью в зависимости от режимов работы оборудования может достигать 20-40%.

При использовании современных дробилок удельное потребление может быть снижено с 0,9 кВт·ч/т до 0,3 кВт·ч/т (раздел 4.8.2.).

Применение интенсификаторов помола цемента приводит к снижению удельного потребления от 10 до 30%.

Кросс-медиа эффекты

Кросс-медиа эффекты отсутствуют. Снижение потребления энергоресурсов приводят к сокращению выбросов в атмосферу.

ПРОЕКТ DRAFT

Технические соображения, касающиеся применимости

Условия применимости основных техник, направленных на снижение потребления электрической энергии приведены в таблице 5.2

Экономика

Использование энергии (тепловой и электрической) составляет 30 − 40 % от стоимости продукции. Экономическая эффективность внедрения технологии определяется после разработки ТЭО для конкретного предприятия.

Таблица 5.2 – Условия применимости основных техник

№	Метод/оборудование	Применимость
а	Применения систем управления мощностью.	Для всех предприятий
б	Использование помольного и другого оборудования с высокой энергетической эффективностью.	Для вновь строящихся и модернизируемых предприятий
в	Применение высокоэффективных интенсификаторов процесса измельчения материалов.	Для всех предприятий

Движущая сила внедрения

Требования закона. Экономические требования, экономия расходов. Местные условия. Энергетическая эффективность.

5.1.2 Снижение/минимизация расхода тепла путем применения объединенных технических решений

Описание

- Количество используемой тепловой энергии может быть снижено путем внедрения и оптимизации различных технологий в печной системе (см. раздел 4.8.1).
- (а) применение улучшенной и оптимизированной печной системы и плавного, стабильного процесса эксплуатации печи в соответствии с установленными параметрами, используя:
  - оптимизацию контроля процесса, включая компьютерный автоматический контроль;
  - современную весовую систему подачи топлива;
  - расширение (по возможности) теплообменника и декарбонизатора, принимая во внимание конфигурацию существующей печи.
- (б) рекуперация избытка тепла из печей, особенно из зоны охлаждения. В частности, избыток тепла из зоны охлаждения печи (горячий воздух) или из теплообменника может использоваться для сушки сырьевых материалов;

ПРОЕКТ DRAFT

– (в) применение соответствующего числа циклонов в соответствии с характеристиками и свойствами сырьевых материалов и используемого топлива;
– (г) использование топлива с характеристиками, которые оказывают положительное влияние на потребление тепловой энергии;
– (д) при замене обычного топлива отходами необходимо использовать специально оптимизированную и подходящую печную систему для сжигания отходов;
– (е) минимизация газового потока в систему байпаса, если печи оснащены такой системой.

Техническое описание

Стандартной технологией для новых заводов считается печная система с многостадийными циклонными теплообменниками в сочетании с декарбонизатором и третичным воздухом.

Методы оптимизации расхода тепловой энергии могут быть применены на различных установках завода, включая:

• холодильник:

− установка современного клинкерного холодильника со стационарной первичной колосниковой решеткой;

− использование колосниковой решетки с низким сопротивлением потоку воздуха для обеспечения его более однородного распределения и эффективного охлаждения;

− обеспечение контроля количества охлаждающего воздуха в отдельных секциях решетки.

• печь:

− использование установок с высокой производительностью;

− оптимизация отношения длины к диаметру;

− оптимизация конструкции печи в соответствии с используемым топливом;

− оптимизация системы сжигания топлива;

− стабильность параметров эксплуатации;

− оптимизация процесса контроля;

− использование третичного воздуха;

− условия в печи: окислительные, но близки к стехиометрическим;

− использование минерализаторов;

− снижение подсосов воздуха.

• декарбонизатор:

− малое гидравлическое сопротивление;

− однородное распределение сырья в печном пороге;

− минимальное образование настылей из-за циркуляции щелочей;

− интенсивная декарбонизация сырьевой смеси.

• теплообменник:

ПРОЕКТ DRAFT

− малое гидравлическое сопротивление и высокая степень рекуперации тепла в циклонах;

− высокая степень пылеосаждения в циклонах;

− однородное распределение сырья в сечениях газоходов;

− однородное распределение потоков газа и твердого вещества в двухветвьевых циклонных теплообменниках;

− оптимизация количества ступеней циклонов (от трех до шести циклонов в целом);

• перерабатываемый материал:

− низкая влажность сырьевых материалов и топлива;

− легкая воспламеняемость топлива с высокой калорийностью;

− постоянство питания печи и однородность материала;

− постоянство подачи топлива в печь и его однородность мельницы:

− полностью автоматизированное управление работой мельниц.

Для печей мокрого способа производства методы оптимизации включают следующие:

− снижение влажности обжигаемого сырьевого шлама путем использования разжижителей шлама или заменой природных материалов техногенными (золами, шлаками);

− оптимизация конструкции и расположения внутрипечных теплообменных устройств;

− отсутствие шламовых или клинкерных колец в печи;

− оптимизация системы сжигания топлива;

− минимизация подсоса воздуха в головках печей;

− минимизация коэффициента избытка воздуха в печи;

− стабильность параметров работы печи;

− оптимизация процесса контроля;

− использование минерализаторов — интенсификаторов процесса обжига.

Для снижения удельного расхода тепла на обжиг клинкера важным фактором является стабильная работа печного агрегата с параметрами, близкими к оптимальным. Это достигается путем:

− использования систем непрерывного компьютерного мониторинга необходимого комплекса параметров работы печного агрегата;

− использования систем автоматического управления технологическим процессом или его отдельными этапами;

− оптимизации и стабилизации состава сырьевой смеси, повышением равномерности ее подачи в печь;

− оптимизации состава и повышением равномерности подачи в печь топлива;

− в случае использования вторичных видов топлива — стабилизации характеристик, равномерности подачи, оптимизации способа ввода и сжигания вторичного топлива в печи.

Достигнутые экологические выгоды

ПРОЕКТ DRAFT

Снижение потребления тепловой энергии и, как следствие, снижение выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Технологические показатели, которые могут быть достигнуты при реализации предложенных мероприятий, сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Технологические показатели

Удельный расход тепла на обжиг клинкера, МДж/т	Процесс
3000 - 4000	Печи сухого способа, многостадийный (от 3 до 6 стадий) циклонный теплообменник и декарбонизатор
3100 - 4200	Вращающаяся печь сухого способа, оборудованная циклонными теплообменниками
3300 - 5400	Полусухой / полумокрый способ (печь Леполь)
до 5000	Длинные печи сухого способа
5000 - 6400	Длинные печи мокрого способа

На потребление тепловой энергии влияет производственная мощность. Величины расхода тепла были рассчитаны и определены для печей с производительностью 3000 т/сут. Обжиг клинкера в печах с высокой производительностью, например, 5000 т/сут., снижает потребление энергии до 100 МДж и даже 200 МДж на тонну клинкера в сравнении с малыми печами производительностью 1500 т/с.

В случаях, когда заводы приспособлены и спроектированы специально для использования определенных типов топливных отходов, потребление тепловой энергии находится в пределах 3120 – 3400 МДж/т клинкера, но этот уровень потребления также может быть достигнут использованием оптимизированных и современных печей.

Байпасирование горячих сырьевых материалов и горячего газа ведет к повышению удельного потребления тепловой энергии на 6−12 МДж/т клинкера на процент байпасированного газа.

Кросс-медиа эффекты

Кросс-медиа эффекты отсутствуют. Снижение потребления энергоресурсов приводят к сокращению выбросов в атмосферу.

Технические соображения, касающиеся применимости

Условия применимости основных техник, направленных на снижение тепловой энергии приведены в таблице 5.4.

Экономика

ПРОЕКТ DRAFT

Использование энергии (тепловой и электрической) составляет 30 − 40 % от стоимости продукции. Экономическая эффективность внедрения технологии определяется после разработки ТЭО для конкретного предприятия.

Движущая сила внедрения

Требования закона. Местные условия. Энергетическая эффективность. Снижение выбросов.

5.1.3 Использование отходов в качестве альтернативного топлива и / или в качестве альтернативного сырья при производстве цемента

Описание

Специально подготовленные и переработанные отходы с высокой калорийностью можно использовать в цементной печи взамен обычного ископаемого топлива с учетом их характеристик. Для использования в качестве альтернативного топлива применяются отходы, содержащие твердые или жидкие горючие остатки топлива и (или) биомассы. К таким высококалорийным составляющим отходов относятся такие материалы, как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и проч.

Таблица 5.4 – Условия применимости основных техник

№	Технологии	Применимость
1	Использование сухого способа производства, оптимизация количества ступеней циклонного теплообменника в соответствии с характеристиками используемых сырьевых материалов	Для вновь строящихся и модернизируемых предприятий и печей
2	Применение печной системы оптимальной конфигурации и стабильного режима работы печного агрегата в соответствии с установленными параметрами путем: - оптимизации системы контроля, включая автоматический компьютерный контроль, и автоматизации управления технологическими процессами; - использование современных систем гомогенизации, дозирования и подачи в печь материалов и топлива	Для вновь строящихся предприятий и модернизируемых печей, а так же других печей, когда это возможно
3	Рекуперация избытка тепла из печной системы, особенно из клинкерного холодильника, использование рекуперированного тепла для сушки сырьевых материалов	Для вновь строящихся предприятий и модернизируемых печей, а так же других печей, когда это возможно

DRAFT

4	Использование высококалорийного топлива с характеристиками, оказывающими положительный эффект на снижение удельного расхода тепла	Для всех предприятий
5	Минимизация подсосов атмосферного воздуха в печную систему	Для всех предприятий
6	Минимизация газового потока в систему байпаса, если печи оснащены такой системой	Для предприятий сухого способа производства цемента
7	Минимизация влажности сырьевого шлама путем замены части природных компонентов на техногенные материалы и применения разжижителей шлама	Для предприятий мокрого способа производства цемента

Альтернативное сырье обычно приносит, в зависимости от источников, содержание кремнезема, глинозема и железа, если используемое ископаемое сырье не имеет требуемых уровней в отношении этих элементов.

Техническое описание

Возможность потребления значительного объема отходов в качестве топлива и сырья обуславливает характеристика технологического процесса, протекающего в цементной печи.

Вращающиеся обжиговые цементные печи – наиболее подходящие агрегаты, способные производить экологически чистую утилизацию вредных горючих отходов за счет своих особенных свойств:

высокой температурой материала (до 1450°C) и газовой среды (до 2000°C);

- значительного времени пребывания газов в горячей зоне - более 7 сек, при температуре выше 1200°C;
- щелочной средой материала в печи при наличии кислой атмосферы;
- движение материала и газов в противотоке;
- интенсивного контакта между твердыми и газообразными фазами;
- нейтрализации за счет жидкой фазы клинкера даже тяжелых металлов и токсичных материалов;
- практической безотходности самой цементной технологии;
- как правило, наличия в печных установках эффективных пылеуловителей.

Подробное техническое описание видов и принципов использования отходов в качестве топлива дано в разделе 4.9.

Достигнутые экологические выгоды

Выбор и использование отходов, которые могут использоваться в качестве топлива, обусловлены рядом взаимодействующих факторов, главными из которых являются снижение выбросов CO, NO_x (если точки ввода отходов

DRAFT

являются подходящими и оптимизирована работа печи для сжигания), а также снижение использования природных ресурсов, ископаемого топлива и сырьевых материалов. В области регулирования опасных отходов совместная, проводимая под контролем, переработка отходов может обеспечить практичный, экономически эффективный и экологически предпочтительный (по сравнению с размещением на полигоне или сжиганием) вариант.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Диапазон отходов, используемых в качестве альтернативного топлива в цементной печи, значительно варьируется в зависимости от: процесса производства клинкера, режима обжига, состава сырьевых материалов и топлива, способа подачи отходов в производство, используемой технологии очистки отходящих газов, условий управления отходами.

При выборе возможных отходов в качестве потенциального альтернативного топлива следует учитывать помимо технологических параметров также требования существующей системы технического регулирования.

С технологической точки зрения, как правило, для отходов, применяемых в качестве топлива и/или сырьевых материалов для цементной печи, необходимо учитывать калорийность и состав минеральной части. Кроме того, должны учитываться объёмы и категории отходов, а также их физический и химический состав, характеристики и загрязняющие примеси. Отходы, которые могут использоваться в качестве топлива, в цементной промышленности, являются частью, специально отобранной из отходов, которые обычно предварительно подготавливаются, перерабатываются, например, дробятся, перемешиваются, измельчаются, гомогенизируются и формируются в материал соответствующего качества

Для целей сжигания в качестве альтернативного топлива отходы используются, как правило, только после проведения предварительных испытаний.

Чтобы гарантировать характеристики отходов, используемых в качестве топлива, требуется система обеспечения качества, включающая отбор и приготовление образцов, анализы и контроль.

В зависимости от типа используемых отходов и их характеристик важным является место подачи отходов в печь, так как это влияет на выбросы из печи. В основном при повышенной температуре воспламенения отходов применяется подача их через главную горелку. Для всех точек подачи температура газов в печи должна поддерживаться не менее 850 °C в течение 2 с. Если используются отходы, содержащие более 1 % хлора, то они должны подаваться в зону печи, где температура газов должна поддерживаться не менее 1100 °C в течение 2 с.

Для контроля выбросов должно быть установлено дополнительное оборудование. Для обеспечения безопасности окружающей среды, ее качества и

ПРОЕКТ DRAFT

соответствия стандартам требуются специальный контроль и соответствующие технические решения.

Характеристики различных типов отходов, используемых в качестве топлива: влажность, калорийность могут оказывать влияние на удельное потребление энергии. Например, низкая калорийность и высокая влажность альтернативного топлива приводят к увеличению удельного потребления тепловой энергии на одну тонну клинкера. Чтобы достигнуть такого же потребления энергии при использовании отходов с низкой калорийностью, требуется их большее количество в сравнении с использованием обычного топлива.

При использовании смеси топлив удельное потребление энергии на одну тонну клинкера изменяется по различным причинам, зависящим от типа топлива, его калорийности. Анализ данных показывает, что калорийность ископаемого топлива (угля) находится в пределах 26–30 МДж/кг, мазута - 40–42 МДж/кг, а калорийность пластиков колеблется от 17 до 40 МДж/кг. Следует отметить, что калорийность альтернативного топлива изменяется в широком интервале, вплоть до 40 МДж/кг. Калорийность животных отходов, используемых в цементных печах в качестве альтернативного топлива, находится в пределах 14–22 МДж/кг.

Отходы, используемые в качестве топлива, могут быть менее дорогими, чем обычное топливо, хотя стоимость будет меняться в зависимости от типа отходов и местных условий. Однако отходы часто проходят предварительную обработку, гомогенизацию до их использования на цементных заводах, что приводит к их удорожанию. К тому же дополнительный контроль и анализы отходов также повышают их стоимость.

С целью снижения вероятности увеличения выбросов вредных веществ при утилизации отходов необходимо применять следующие технические решения:

а) использование соответствующих точек ввода альтернативного топлива в печь с целью обеспечения определенной температуры и времени пребывания отходов в данной зоне, в зависимости от их свойств и конструкции печи;

б) подача альтернативного топлива, содержащего органические компоненты, которые могут улетучиваться, до зоны кальцинирования в зону с необходимой температурой;

в) управление работой печи таким образом, чтобы газы от сжигания отходов находились в контролируемом, гомогенизированном виде даже при наиболее неблагоприятных условиях при температурах более 850 °С не менее 2 с;

г) увеличение температуры газов в зоне печи, где происходит горение отходов, до 1100 °С и выше, если сжигаются опасные отходы с содержанием более 1 % галогенсодержащих органических веществ (выраженные в виде хлора);

д) обеспечение постоянной и стабильной подачи отходов в печь;

ПРОЕКТ DRAFT

е) прекращение сжигания отходов при режиме розжига и охлаждения (пуска и остановки) печи, когда необходимая температура и время пребывания материала в печи не могут быть обеспечены.

ж) отбор и контроль качества отходов, используемых в качестве альтернативного топлива и / или альтернативного сырья, особенно в отношении содержания хлора, серы, органических веществ и металлов (в основном более летучих, таких как ртуть, мышьяк, кадмий, сурьма, свинец, таллий, хром, медь и т. д.

При использовании опасных отходов, должны соблюдаться меры безопасности, особенно при их предварительной переработке, например, складировании, подаче в производство. Меры безопасности для потенциально самовозгорающихся материалов особенно важны при доставке отходов с предприятий, занимающихся подготовкой и переработкой.

Кросс-медиа эффекты

Технология использования подготовленных и переработанных отходов в качестве альтернативного топлива и сырья снижает затраты и, в то же время, уменьшает нагрузку на окружающую среду, поскольку ограничивает количество отходов размещаемых на полигонах или в местах переработки.

При использовании отходов в качестве альтернативного топлива существуют риски увеличения выбросов вредных веществ. Для их минимизации необходимо применять соответствующие технические решения, изложенные в данном разделе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Для утилизации отходов требуется разработка нормативно-технической документации регламентирующей их использование в качестве альтернативного топлива. На сегодняшний день такая нормативная документация в Республике Казахстан отсутствует. После разработки и утверждении таких регламентов для процессов сжигания отходов данная технология может быть применена на цементных предприятиях Казахстана.

Экономика

Данные по стоимости оборудования для подготовки отходов к использованию и модернизации печей для сжигания топливных отходов отсутствуют.

Движущая сила внедрения

Большие запасы отходов. Высокая доля стоимости топлива в себестоимости продукции. Снижение нагрузки на экологию. Большой мировой опыт использования отходов.

ПРОЕКТ DRAFT

5.1.4 Экологический менеджмент

Описание

Система, отражающая соответствие деятельности предприятия целям в области охраны окружающей среды

Техническое описание

СЭМ является методом, позволяющим операторам установок решать экологические проблемы на систематической и очевидной основе. СЭМ являются наиболее действенными и эффективными, когда они образуют неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

СЭМ фокусирует внимание оператора на экологических характеристиках установки. В частности, путем применения четких рабочих процедур как для нормальных, так и для нестандартных условий эксплуатации, а также путем определения соответствующих линий ответственности.

Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования, а это означает, что управление окружающей средой – это непрерывный процесс, а не проект, который в конечном итоге подходит к концу. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основаны на цикле PDCA (Планируй – делай – проверяй – исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего.

СЭМ может принимать форму стандартизированной или нестандартной («настраиваемой») системы. Внедрение и соблюдение международно признанной стандартизированной системы, такой как EN ISO 14001:2015, может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. EMAS обеспечивает дополнительную достоверность в связи с взаимодействием с общественностью посредством заявления об охране окружающей среды и механизма обеспечения соблюдения применимого природоохранного законодательства. Однако не стандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны, внедрены и проверены аудитом.

Стандартизированные системы (EN ISO 14001:2015 или EMAS) и не стандартизированные системы в принципе применяются к организациям, настоящий документ использует более узкий подход, не считая всех видов деятельности организации, например, в отношении их продуктов и услуг.

СЭМ должна содержать следующие компоненты:

I. обязательства руководства, включая высшее руководство;

II. экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

DRAFT

III. планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

IV. выполнение процедур, требующих особого внимания:

а) структура и ответственность;

б) набор, обучение, информированность и компетентность;

в) связи;

г) участие сотрудников;

д) документы;

е) эффективный контроль процесса;

ж) программы технического обслуживания;

з) готовность к чрезвычайным ситуациям и реагирование;

V. обеспечение соблюдения природоохранного законодательства;

VI. проверку работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:

а) мониторинг и измерение,

б) корректирующие и превентивные действия,

в) ведение записей,

г) независимый внутренний и внешний аудит для определения независимо от того, соответствует ли СЭМ запланированным мероприятиям и надлежащим ли образом внедряется и поддерживается;

VII. обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

VIII. подготовка регулярного ежегодного экологического отчета и обзор со стороны высшего руководства («Обзор руководства»);

IX валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;

X. следование за развитием более чистых технологий;

XI. рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и на протяжении всего срока его службы;

XII. применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с лучшими предприятиями отрасли);

XIII. систему управления отходами.

XIV. на установках/объектах с несколькими операторами, создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами;

XV. инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

Достигнутые экологические выгоды

Поддерживание и выполнение четких процедур в штатных и нештатных ситуациях и соответствующее распределение обязанностей дает гарантию того, что на предприятии всегда соблюдаются условия природоохранного разрешения,

ПРОЕКТ DRAFT

достигаются поставленные цели и решаются задачи. Система экологического менеджмента обеспечивает постоянное улучшение экологической результативности.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Все значительные входные потоки (включая потребление энергии) и выходные потоки (выбросы, сбросы, отходы) взаимосвязанно управляются оператором в кратко- средне- и долгосрочном аспектах, с учетом особенностей финансового планирования и инвестиционных циклов. Это означает, например, что применение краткосрочных решений по очистке выбросов и сбросов («на конце трубы») может привести к долгосрочному повышению потребления энергии и отсрочить инвестиции в потенциально более выгодные решения по защите окружающей среды.

Кросс-медиа эффекты

Методы экологического менеджмента проектируются таким образом, чтобы минимизировать воздействие установки на окружающую среду в целом

Технические соображения, касающиеся применимости

Компоненты СЭМ, описанные выше, могут быть применены ко всем установкам.

Охват (например, уровень детализации) и формы системы экологического менеджмента (как стандартизованной, так и нестандартизованной) должны соответствовать эксплуатационным характеристикам применяемого технологического оборудования и уровню её воздействия на окружающую среду.

Экономика

Определение стоимости и экономической эффективности внедрения и поддержания действующей системы экологического менеджмента на должном уровне вызывает затруднения.

Движущая сила внедрения

Система экологического менеджмента может обеспечить ряд преимуществ, например:

уточнение сведений об экологических аспектах предприятия;

улучшение основы для принятия решений;

улучшение мотивации персонала;

дополнительные возможности снижения эксплуатационных затрат и улучшение качества продукции;

улучшение экологической результативности;

ПРОЕКТ DRAFT

снижение затрат, связанных с экологическими нарушениями, невыполнением установленных требований и пр.

5.1.5 Мониторинг

Описание

Организованные выбросы в атмосферный воздух, а также параметры процессов (влажность, температура, O_2, скорость потока) контролируются с использованием периодических или непрерывных методов измерения в соответствии с утвержденными стандартами.

Техническое описание

Тип использованного мониторинга (непрерывные или периодические измерения, частота периодических измерений) зависит от ряда факторов, таких как: природа загрязняющего вещества, экологическая значимость выбросов или ее изменчивость. (См. раздел 4.6.2).

Достигнутые экологические выгоды

Мониторинг как таковой не имеет экологической выгоды, однако он является предпосылкой для принятия корректирующих мер

Экологические показатели и эксплуатационные данные

(См. раздел 4.6.2)

Кросс-медиа эффекты

Для проведения мониторинга требуется оборудование, вспомогательные материалы и энергия

Технические соображения, касающиеся применимости

В общем применим. Ограничивается требованиями законодательства РК

Экономика

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

5.1.6 Шум

Описание

Снижение шума посредством применения технических решений, направленных на изоляцию источников шума

ПРОЕКТ DRAFT

Техническое описание

Источниками шума являются добыча сырья и его переработка, получение клинкера и цемента, установки дробления, помола и приготовления сырья, цементные печи сами по себе, мельницы для помола цемента, ленточные конвейеры, фильтры, холодильники, такие как рекуператорный холодильник и др.

Шум появляется во всем производственном процессе, начиная со взрыва на карьере до получения конечной продукции. Чтобы снизить уровень шума и предотвратить его распространение на близлежащую территорию, могут быть применены различные технические решения по снижению шума:

- выбор подходящего места для шумных операций;
- ограждение шумных операций/агрегатов;
- виброизоляция производств/агрегатов;
- использование внутренней и внешней изоляции на основе звукоизолирующих материалов;
- строения для прикрытия эксплуатационного оборудования, перерабатывающего материалы;
- звукоизоляция зданий для укрытия любых шумопроизводящих операций, включая оборудование для переработки материалов;
- установка звукозащитных стен и/или природных барьеров;
- применение глушителей на отводящих трубах, дымососах т газодувок фильтров;
- звукоизоляция каналов и вентиляторов, находящихся в звукоизолированных зданиях;
- сепарация шумовых источников и потенциально резонансных компонентов, компрессоров и каналов;
- использование резиновых щитов при дроблении.

Если вышеупомянутые технические решения не могут быть применены и, если установки, выделяющие шум, невозможно перевести в отдельные здания, например, из-за размера печей и их средств обслуживания, применяются вторичные технические решения. Например, должно быть осуществлено строительство зданий или природных барьеров, таких как растущие деревья и кустарников между защищаемой зоной и источником активного шума, например, печь или площадь склада. Двери и окна защищаемого пространства должны быть плотно закрыты в период эксплуатации шумовыделяющих установок.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение уровня шума

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Нет данных

ПРОЕКТ DRAFT

Кросс-медиа эффекты
Отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости
Технические решения для снижения шума применимы в цементной промышленности (см. раздел 4.5).

Экономика
Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.1.7 Оптимизация управления производственным процессом

Описание
Технические решения, применяемые для оптимизации производственных процессов с целью снижения входных (энергия, сырье) и выходных потоков (выбросы, сбросы, отходы), улучшения качества выпускаемой продукции, увеличения длительности эксплуатации оборудования путем стабилизации параметров процесса.

Техническое описание
Оптимизация процесса обжига клинкера обычно производится для того, чтобы снизить потребление тепла, улучшить качество клинкера, увеличить длительность эксплуатации оборудования (например, футеровки) путем стабилизации параметров процесса. Снижение выбросов NO_x SO_2 и пыли является вторичным эффектом оптимизации. Плавная стабильная работа печи с параметрами, близкими к проектным показателям, является благоприятной с точки зрения снижения всех ее выбросов. Оптимизация включает технические решения типа гомогенизации сырьевой смеси, обеспечение постоянной дозировки угля и улучшение работы холодильника. Чтобы обеспечить устойчивую подачу твердого топлива с минимальными колебаниями, необходимо иметь хороший проект загрузочных бункеров, транспортеров и питателей, таких, как и современную систему весового дозирования топлива.

Снижение выбросов NOx осуществляется снижением температуры пламени и обжига, снижением потребления топлива, обеспечением окислительной среды в печи (см. также раздел 4.1.3).

Контроль содержания кислорода (избыток воздуха) является критическим для контроля выделения NOx. В основном снижение содержания кислорода в холодном конце печи обусловливает снижение количества NOx. Однако это должно быть сбалансировано, чтобы со снижением количества кислорода не увеличивалось содержание CO и SO_2.

ПРОЕКТ DRAFT

Влияние оптимизации процесса обжига на выделение SO_2 является наиболее важным для длинных мокрых печей и длинных сухих печей (без подвесного подогревателя).

Избегая нарушений в работе печи, можно избежать проблем с CO при использовании электрофильтров, снизить выделение пыли и снизить выделение любых веществ, адсорбирующихся на частицах пыли, например металлов. Современная система контроля с быстрой измеряющей и контрольной аппаратурой позволяет повысить контроль причин появления и тем самым снизить вероятность появлений следов CO (см. также раздел 4.1.6).

Контроль и измерение параметров процесса и выбросов являются существенной частью оптимизации контроля и достижения стабильной работы печи.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение температуры пламени и обжига вызывают снижение выбросов NOx. Кроме того, может быть снижено потребление топлива. Предотвращение сбоев режима работы печи приводит к снижению выбросов пыли и CO при использовании электрофильтров.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение выбросов и потребления топлива

Кросс-медиа эффекты

Сокращение выбросов и расхода топлива

Технические соображения, касающиеся применимости

Оптимизация управления процессом применима ко всем печам и может включать в себя множество элементов, в том числе от инструктажа/обучения операторов печей до установки нового оборудования, такого как системы дозирования, силосы для гомогенизации, силосы для обжига. Влияние оптимизации технологического процесса оптимизации управления процессом на выбросы SO_2 значительно для длинных печей мокрого и длинных печей сухого обжига, но незначительное для печей с предварительным подогревом.

Экономика

Оптимизация печей проводится в основном для снижения эксплуатационных расходов, увеличения производительности и улучшения качество продукции. Эксплуатационные расходы оптимизированной печи обычно снижаются по сравнению с неоптимизированной печью.

Экономия достигается за счет снижения расхода топлива и огнеупоров, уменьшения эксплуатационных расходов и более высокой производительности среди прочих факторов.

ПРОЕКТ DRAFT

Движущая сила внедрения
Требования законодательства.
Местные условия.

5.1.8 Технические решения по операциям, связанным с пылевыделением (неорганизованные источники выбросов пыли)

Описание
Снижение неорганизованных выбросов пыли посредством конструктивных и организационно-технических решений

Техническое описание
Источниками образования неорганизованных пылевых выбросов являются процессы складирования и переработки сырьевых материалов, топлива и клинкера, а также любые транспортные средства, используемые на территории производства. Компактное расположение объектов является наиболее простым способом снижения диффузных выбросов пыли. Регулярное и тщательное обслуживание установок всегда приводят к косвенному снижению неорганизованных выбросов пыли благодаря уменьшению подсоса воздуха или предотвращению их негерметичности. Использование автоматических приборов и системы контроля также способствует снижению выбросов пылевидных частиц, также как и постоянная безотказная надежная работа установок.

Различные технические решения для снижения неорганизованных пылевых выбросов, которые могут применяться отдельно или в сочетании друг с другом:

- укрытие/капсулирование операций, связанных с пылением – измельчение, рассев, смешивание;
- закрытые конвейеры и элеваторы, сконструированные по закрытой схеме, если диффузные выбросы пыли могут иметь место при транспортировке;
- уменьшение мест подсоса воздуха или просыпания материала, герметизация установок;
- использование автоматических приборов и систем контроля;
- обеспечение надежной работы оборудования;
- использование передвижных и стационарных пылеочистительных установок:

для предотвращения диффузных выбросов пыли в период ремонтных работ необходимо использовать вакуумную систему пылеочистки. При вводе в эксплуатацию нового предприятия должно быть предусмотрено оборудование стационарными вакуумными системами пылеочистки, в то время как на существующих заводах лучше использовать передвижные вакуумные системы пылеочистки в связи с их легкой приспосабливаемостью к условиям производства;

- вентиляция и пылеосаждение в рукавных фильтрах:

ПРОЕКТ DRAFT

− насколько возможно все материалы должны перерабатываться в закрытых установках, работающих под разряжением. Аспирационный воздух обеспыливается рукавным фильтром до его выхода в атмосферу.

− использование закрытых складов с автоматической системой перемещения материала:

− клинкерный силос и закрытый полностью автоматизированный склад сырьевых материалов являются наилучшим решением проблемы неорганизованных пылевых выбросов. Такие типы складов оборудованы одним или большим количеством рукавных фильтров для предотвращения образования диффузной пыли при загрузочных и разгрузочных работах;

− использование силосов соответствующей емкости, оснащенных индикаторами уровня материала, выключателями, фильтрами, снабженными распределительными воздушными установками в период заполнения силоса.

• использование гибких шлангов и рукавов, снабженных системой улавливания пыли, для размещения и распределения материала при погрузке цемента в цементовоз.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение неорганизованных выбросов пыли. Возможно снижение уровня шумового воздействия.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии за счет использования вакуумной системы.

Отсутствие соответствующего обслуживания пылеулавливающих установок может привести к дополнительным выбросам.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технические решения могут быть использованы в цементной промышленности

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

Местные условия

Требования к рабочему месту для сохранения здоровья.

ПРОЕКТ DRAFT

5.1.9 Электрофильтры

Описание

Частицы, подлежащие удалению, заряжаются и разряжаются под воздействием электрического поля. Эффективность очистки может зависеть от количества полей, времени пребывания и предшествующих устройств для удаления частиц. Электрофильтры могут быть сухого или мокрого типа в зависимости от метода, используемого для сбора пыли с электродов.

Техническое описание

Электрофильтры генерируют электрическое поле вокруг проходящих частиц в воздушном потоке. Частицы становятся отрицательно заряженными и мигрируют к положительно заряженным осадительным электродам. Эти осадительные электроды за счет периодического встряхивания или вибраций высвобождают осевшую на них пыль, которая падает вниз, в бункер-коллектор. Циклы встряхивания электродов оптимизируются чтобы минимизировать унос и тем самым довести до минимума пылевынос. Электрофильтры характеризуются их способностью работать при высокой температуре и высокой влажности обеспыливаемых газов.

Качество работы электрофильтров зависит от различных эксплуатационных параметров, приведенных ниже:

- влажности газа;
- химического состава газа;
- скорости газового поток;
- распределения частиц по размерам и их химического состава;
- электрического сопротивления частиц;
- уровня загрузки;
- температуры газа;
- операций включения − выключения;
- напряженности электрического поля;
- площади и формы электродов;
- концентрации SO_2;
- содержание влаги в осаждаемой пыли;
- промежуточных или переходных режимов работы.

Работа электрофильтра может быть ухудшена при образовании наростов материала на изоляционном слое электродов и, как следствие, за счет снижения напряжённости электрического поля. Это может произойти при наличии большого количества хлора и сульфатов в печи, образующих с щелочными металлами хлориды и сульфаты или высокого содержания общего органического углерода (ООУ) в сырьевых материалах/ сырьевой муке. Хлориды щелочных металлов и ООУ образуют субмикроскопические частицы пыли (0,1–1мкм), имеющие высокое удельное сопротивление (1012–1013 ом/см) и образующие слои на электродах и таким образом вызывающие проблему удаления пыли.

ПРОЕКТ DRAFT

Проблемы высокого сопротивления могут быть частично решены за счет впрыскивания воды в холодильник – кондиционер дымовых газов. Другим путем решения этой проблемы является использование рукавных фильтров.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов в атмосферу. Возможность рециркуляции (повторное использование уловленной пыли). Снижение нагрузки загрязняющих веществ, направляемых на окончательную очистку отходящих газов

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Электрофильтры большого размера совместно с системой кондиционирования обеспыливаемых газов при оптимизации режима работы могут снизить среднемесячное пылевыделение до 5 − 15 мг/нм^3 (сухой газ, 273 К, 10 % O_2). Проектная эффективность обеспыливания в таких электрофильтрах − выше 99,99 %, поэтому выбросы пыли имеют небольшую величину, всего несколько мг/нм3. Электрофильтры весьма эффективны для улавливания ультрамелких частиц (<0,5 мкм), придающих частицам способность агломерироваться. Электрофильтры являются мощным и эффективным оборудованием, относительно интенсивно распространенным в технологическом процессе. Существующие электрофильтры часто могут быть усовершенствованы без полной замены, что снижает стоимость работ по модернизации. Эта модернизация может касаться монтажа более современных электродов или автоматического контроля напряжения на старых установках. В дополнение можно улучшить прохождение газа через электрофильтр или установить дополнительной секции. Электрофильтры с выбросами менее 10 мг/нм^3 могут быть построены с применением современных средств контроля процесса, применением высокого напряжения на электродах, соответствующих размеров и необходимого количества полей. Кроме пыли электрофильтры удаляют вещества, адсорбированные на частицах пыли, такие, как диоксины и металлы при их наличии в пыли. Размер и потребление электрической энергии электрофильтров растет экспоненциально со снижением содержания пыли в очищенном газе. Оптимальная работа электрофильтра зависит от температуры и влажности обеспыливаемого газа. Продолжительность работы электрофильтра может достигать несколько десятилетий при обеспечении всех рекомендуемых условий обслуживания и ремонта. Некоторые части (молотки, подшипники) необходимо регулярно менять после нескольких лет эксплуатации как часть периодического обслуживания и ремонта.

Кросс-медиа эффекты

Могут образоваться хлориды щелочных металлов и сульфатов и ООУ в форме частиц пыли субмикроскопического размера.

Повышается риск увеличения концентрации CO. Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности

ПРОЕКТ DRAFT

пылеулавливания. При выполнении работ по обслуживанию электрофильтра могут появиться дополнительные отходы. Необходимость утилизации пыли если она не может быть повторно использована.

Технические соображения, касающиеся применимости

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности электрофильтры стали наиболее успешными установками для улавливания пыли из отходящих газов вращающихся печей и клинкерного холодильника. Но в настоящее время для новых современных установок устанавливаются рукавные фильтры как для печей, так и для холодильников, в связи с их лучшими экологическими характеристиками (например, относительно высокие выбросы при запуске и остановке печей, а также при нарушении работы печей при использовании электрофильтров) и, в меньшей степени, риском взрыва электрофильтров в случаях высоких концентраций CO.

Электрофильтры могут быть использованы почти в каждой цементной печи для удаления пыли из отходящих газов, газов из системы байпаса и воздуха из колосникового холодильника.

Экономика

Широкий диапазон стоимости зависит от местных производственных условий, стоимости сооружения (являющейся очень значительной) и размера печи и электрофильтра. Стоимость установки и эксплуатации обычно низкая.

Движущая сила внедрения
Требования закона
Требования к рабочему месту для сохранения здоровья
Местные условия

5.1.10 Рукавные фильтры

Описание

Рукавные фильтры являются самым экологически чистым и эффективным пылеулавливающим оборудованием. Основной принцип работы рукавных фильтров заключается в использовании матерчатой мембраны, которая пропускает газ, но задерживает пыль.

Техническое описание

Различие в конструкции рукавных фильтров состоит в том, что часть фильтрующих элементов состоит из цилиндрических фильтровальных мешков (вертикальная подвеска), а часть – из фильтровальных пакетов, которые обычно устанавливаются горизонтально. Первоначально пыль откладывается частично на поверхности волокон и проникает на всю глубину ткани, но как только

ПРОЕКТ DRAFT

поверхностный слой ткани полностью покроется пылью, она сама становится доминирующей фильтровальной средой. Выходящие газы могут проходить из внутренней части рукава наружу, но и в противоположном направлении. Поскольку слой пыли утолщается, сопротивление прохождению газа повышается. Поэтому необходима периодическая чистка фильтровальной среды, для контроля гидравлического сопротивления фильтра. Обычным способом чистки является периодическая импульсная подача очищенного газа или сжатого воздуха в направлении, обратном обычному потоку газа, механический удар или встряхивание и вибрация. Рукавные фильтры имеют много секций, которые можно индивидуально изолировать в случае выхода из строя рукава; соответственно фильтрация будет успешной, обеспечивающей адекватное поведение установки, если даже секция будет целиком выведена из эксплуатации. Для этого должен сработать «детектор разрыва рукава», который находится в каждой секции и который указывает на необходимость замены мешка, если случилась неполадка. Фильтровальные рукава изготавливают из тканого и нетканого материала. Высокая температура обеспыливаемых газов требует применения более экзотических материалов, чем обычные. Современные синтетические ткани могут выдерживать температуру до 280 °C.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Типичная скорость фильтрации находится между 0,5 и 2,0 м/мин. Относительная эффективность обеспыливания может превышать 99,9 %, поэтому при хорошей конструкции и установке рукавных фильтров достигаются выбросы менее 5 мг/нм^3 (сухой газ, 273 K, 10 % O_2). Кроме того, рукавный фильтр удаляет вещества, адсорбированные на частицах пыли, такие как присутствующие металлы и диоксины.

Основные характеристики различных рукавных фильтров представлены в разделе 4.1.1

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления электроэнергии при повышении эффективности удаления.

Увеличение расхода сжатого воздуха для цикла очистки.

При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы.

При использовании фильтров со спеченными ламелями возможно возникновение шума.

Технические соображения, касающиеся применимости

ПРОЕКТ DRAFT

Данная технология может использоваться в цементной промышленности почти на каждой печи для сбора пыли из печных отходящих газов, пыли из системы байпаса или избыточного воздуха, выходящего из колосникового холодильника. При этом должны учитываться влажность и температура обеспыливаемых газов.

Эффективность рукавных фильтров зависит от различных параметров, таких, как совместимость фильтрующего материала с характеристиками обеспыливаемого газа и пыли, соответствующее термическое, физическое и химическое сопротивление против воздействия гидролиза, кислоты, окисления и температуры процесса. Основным параметром для проектирования фильтра является пропускная способность (объем обеспыливаемого газа). Поэтому классификация фильтров должна осуществляться в зависимости от типа, количества и свойств пыли и газа. Срок службы, потребности в энергии и в обслуживании рукавных фильтров зависят от тепловых и механических нагрузок. Скорость прохождения газа, толщина отложений пыли, пористость и циклы очистки влияют на эффективность удаления пыли. Улучшение работы фильтра, в частности снижение его гидравлического сопротивления ведется в направлении быстрого определения потенциальной утечки с постоянным контролем с помощью детектора, улучшения системы пылеудаления, повышения срока эксплуатации и снижения стоимости. Циклы очистки и методы очистки фильтрующих материалов оказывают влияние на эффективность фильтра. Объединение рукавных фильтров с циклонами применимо для клинкерного холодильника. В циклоне частицы пыли выделяются от газового потока и осаждаются под действием центробежных сил на стенах циклона, а затем удаляются через отверстие со шлюзовым затвором на дне циклона. Центробежные силы проявляются непосредственно в газовом потоке, входящем по касательной в цилиндрический корпус циклона или за счет вращения рабочего вентилятора, находящегося в установке (механический центробежный пылеосадитель). В цементной промышленности циклоны объединяются с воздушным теплообменником для снижения температуры и рукавным фильтром (пылеулавливающая камера с рукавным фильтром) для удаления пыли из отходящих газов холодильника. Циклон может снизить концентрацию пыли до 70 % от исходной. В сочетании с воздушным теплообменником и пылеулавливающей камерой с рукавным фильтром достигается высокая очистка, до 99,99 % при низкой концентрации пыли в выбросах, равной 5 − 7 мг/нм^3.

Экономика

Для эффективного пылеосаждения с КПД более 99,99 % при очистке печных отходящих газов инвестиционная стоимость зависит от типа и количества используемых фильтровальных рукавов. Чтобы оптимизировать эксплуатационную стоимость цементные заводы устанавливают оптимальное давление в системе пульсирующего струйного пылеудаления. Нагрузка на фильтр, дифференциальное давление фильтра и система очистки являются тремя

ПРОЕКТ DRAFT

главными факторами, оказывающих влияние на снижение стоимости рукавных фильтров. Из-за тесного взаимодействия этих параметров целью является достижение максимально возможных отношений воздух: обшивка, наименьших значений дифференциального давления и более низких давлений воздуха для очистки.

Движущая сила внедрения
Требования законодательства
Экономия ресурсов

5.1.11 Гибридные фильтры

Описание
Комбинированные методы очистки посредством применения одновременно двух и более из вышеуказанных методов очистки для достижения максимального эффекта. Выбор методов очистки для комбинирования зависти от особенностей промышленных выбросов и используемого технологического оборудования

Техническое описание
Гибридные фильтры представляют собой объединение электрофильтров с рукавными фильтрами в одном устройстве. Они в основном являются результатом модернизации существующих электрофильтров. Они позволяют повторно использовать часть старого оборудования.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов в атмосферный воздух
Снижение использования воды в сравнении с электрофильтром.
Сниженное количество производственных потерь/отходов в сравнении с рукавным фильтром.

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Среднесуточные показатели выбросов пыли гибридных фильтров, установленных на печах, находятся в пределах от <10 до 20 мг/нм^3 (см. раздел 4.1.2.1). Однако, выбросы пыли менее 10 мг/нм^3 достигаются при хорошем уходе за рукавными фильтрами.

Кросс-медиа эффекты
Риск взрыва возникает в случае высокой концентрации CO.
При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы.

Технические соображения, касающиеся применимости

ПРОЕКТ DRAFT

Технические решения применимы в цементной промышленности

Экономика
Нет данных

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.1.12 Охлаждение зоны горения (пламени) для снижения выбросов NOx

Описание
Охлаждение зоны горения может быть достигнуто путем инжекции

Техническое описание
Добавление воды в топливо или непосредственно в пламя с использованием различных методов инжекции (впрыскивание жидкости или жидкости + твердого вещества), использование жидких и твердых отходов с высокой влажностью снижает температуру и увеличивает концентрацию гидроксильных радикалов. Это оказывает положительный эффект на снижение NO_x в зоне горения.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение NO_x в зоне горения.
Снижение выбросов NO_x.

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Степень снижения/ эффективность может быть достигнута от 10 до 35 %. Диапазон выбросов может достигать < 500 – 1000 мг/нм^3 (среднегодовые значения), но большинство печей ЕС (около 80 % существующих печей, работающих в 2020 г.) должны применять методику SNCR для достижения среднесуточных значений выбросов < 500 – 800 мг/нм^3.

Кросс-медиа эффекты
Требуется дополнительное тепло для испарения воды, что вызывает небольшое увеличение выбросов CO_2 (примерно 0,1-1,5 %) в сравнении с общим количеством выделяющегося CO_2 из печи.
Энергетическая эффективность процесса обжига снижается. Впрыскивание воды может снизить выход клинкера и оказать влияние на его качество.

Технические соображения, касающиеся применимости

Охлаждение пламени может применяться на всех типах печей, используемых в производстве цемента

Экономика
Нет данных

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.1.13 Горелки с низким образованием NO_x

Описание
Техническое решение основано на принципах снижения пиковой температуры пламени. Смешивание воздуха и топлива снижает доступность кислорода и как следствие пиковую температуру пламени, тем самым замедляя процесс превращения содержащегося в топливе азота в NO_x и образование термических NOx при сохранении высокой эффективности сгорания топлива

Техническое описание
Конструкции горелок с низким выделением NO_x (непрямое сжигание) различаются в деталях, но в большинстве конструкций топливо и воздух подаются в печь через коаксиальные трубы. Количество первичного воздуха снижается до 6−10 % от требуемого по стехиометрии для горения (обычно 10 − 15 % в традиционных горелках). Осевой воздух подается с большой скоростью через внешний канал. Уголь вдувается через центральную трубу или через средний канал. Третий канал используется для вихревого воздуха. Закрутка воздуха осуществляется специальными лопатками, расположенными вблизи сопла горелки.

Эффект этой конструкции горелки заключается в очень быстром воспламенении топлива, особенно при наличии в топливе летучих соединений, при недостатке кислорода в атмосфере, что ведет к снижению образования NO_x .

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов NO_x

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Сокращение выбросов NO_x до 35% достижимо при успешных установках, и сообщалось об уровнях выбросов около 500-1000 мг/нм^3 (среднесуточное значение), но большинство печей ЕС (около 80% существующих печей, эксплуатируемых в 2020 г.) должны применять метод SNCR для достижения среднесуточных значений выбросов < 500-800 мг/нм^3.

Кросс-медиа эффекты

ПРОЕКТ DRAFT

Отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости

Горелки с низким выделением NO_x применимы на всех вращающихся печах, в том числе и на печах с декарбонизатором. Однако применение указанных горелок не всегда сопровождается снижением выбросов NO_x. Установка горелки должна быть оптимизирована. Если первоначальная горелка работает с малым процентом первичного воздуха, горелка с низким выделением NO_x будет иметь предельный эффект.

Экономика

Нет данных

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

5.1.14 Сжигание топлива в средней части печи для снижения выбросов NOx

Описание

Снижение выбросов NO_x путем создания восстановительной зоны сжиганием кускового топлива

Техническое описание

В длинных печах мокрого и сухого способа производства создание восстановительной зоны сжиганием кускового топлива может снизить выбросы NO_x. Поскольку в длинных печах нет свободного доступа в зоны с температурой выше 900–1000 °C, система сжигания топлива в середине печи устраивается таким образом, чтобы обеспечить возможность подачи в неё отходов, которые нельзя подать через основную горелку (например, шины)

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов NO_x

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Имеющиеся установки по утилизации отходов в средней части печи обеспечивают снижение выбросов NO_x на 20–40 %.

Кросс-медиа эффекты

Скорость сжигания отработанного топлива может привести к выгоранию цепей или повлиять на качество продукции

Технические соображения, касающиеся применимости

ПРОЕКТ DRAFT

Установки по сжиганию топлива в средней части печи могут быть применены для любых вращающихся печей. Скорость сжигания топлива может быть критической. Если сжигание медленное, то создается восстановительная зона обжига, которая оказывает влияние на качество продукции. Если же горение топлива происходит достаточно быстро, соответствующий участок зоны цепной завесы перегревается и в результате этого цепи выгорают. Температурный уровень в печи исключает использование вредных отходов, содержащих более 1 % хлора.

Экономика
Нет данных

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.1.15 Добавление минерализаторов для улучшения спекаемости сырьевой смеси (минерализация клинкера для снижения выбросов NOx)

Описание
Снижение температуры в зоне спекания посредством добавления минерализаторов

Техническое описание
Добавление в сырьевую смесь минерализаторов, таких как фтор, является технологией регулирования качества клинкера, позволяющей снизить температуру в зоне спекания. При снижении температуры обжига одновременно достигается уменьшение образования NO_x.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов NO_x.

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Снижение выбросов NO_x может достигать 10–15 %, но сообщалось и о снижении выбросов свыше 50 %.

Кросс-медиа эффекты
Чрезмерное добавление фторида кальция может привести к увеличению выбросов HF.
Снижение потребности в энергии.
Добавки могут повлиять на качество конечного продукта.

Технические соображения, касающиеся применимости

ПРОЕКТ DRAFT

Это техническое решение может применяться в любых вращающихся печах

Экономика
Зависит от стоимости минерализаторов

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.1.16 Оптимизация процесса обжига для снижения выбросов NOx

Описание
Снижение выбросов NO_x путем оптимизации процесса обжига

Техническое описание
Оптимизация процесса обжига, стабильная и оптимальная работы печи и условий обжига, оптимизация процесса контроля, гомогенизации, подачи топлива применяются для снижения выбросов NO_x. Применяется первичная оптимизация технических переделов: контроля процесса, улучшение работы установок непрямого сжигания топлива, оптимизация холодильника, выбора топлива и оптимизация содержания кислорода при обжиге клинкера.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов NO_x

Экологические показатели и эксплуатационные данные
При осуществлении оптимизации процесса обжига выбросы NO_x могут варьироваться от 500 до 1000 мг/нм^3.

Кросс-медиа эффекты
Снижение потребности в энергии

Технические соображения, касающиеся применимости
Показатели выбросов зависят от качества сырьевых материалов (обжигаемость сырьевой смеси) и конструкция печной системы

Экономика
Стоимость зависит от целей оптимизации процесса

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

ПРОЕКТ DRAFT

5.1.17 Постадийное сжигание топлива

Описание

Снижение выбросов NO_x путем постадийного сжигания топлива в сочетании с декарбонизатором и использования оптимизированной топливной смеси

Техническое описание

Постадийное сжигание применяется на цементных печах, оборудованных декарбонизатором специальной конструкции. Первая стадия горения происходит во вращающейся печи при оптимальных условиях обжига клинкера. Вторая стадия – в горелке на входе в печь, где образуется восстановительная атмосфера, которая разлагает часть оксидов азота, накопленного в зоне обжига. Высокая температура в этой зоне особенно предпочтительна для реакции превращения NO_x в элементарный азот. На третьей стадии топливо подается в декарбонизатор с количеством третичного воздуха, вызывающего также образование восстановительной атмосферы. Эта система снижает NO_x, образующийся при сжигании топлива, а также уменьшает количество NO_x, приходящего в печь извне. На четвертой финальной стадии оставшийся третичный воздух подается в верхнюю часть системы для остаточного сжигания.

Цементная печь отличается от традиционных местом подачи топлива в печь, распределением путей подачи топлива, печного питания и третичного воздуха, а также геометрической конфигурацией.

Достигнутые экологические выгоды

Выделения CO и SO_2 могут увеличиться, если процесс сжигания топлива в декарбонизаторе происходит не полностью, а попытка повысить эффективность этого процесса сопровождается возможным увеличением количества выбросов CO и засорением декарбонизатора.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В некоторых случаях в специфических условиях с различным количеством стадий сжигания топлива, возможно снижение NO_x на 50 %. Однако трудно гарантировать такой уровень снижения, поскольку одновременно необходимо ограничить выбросы CO.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости

Технология стадийного горения может быть использована только в печах, оборудованных декарбонизатором. Если печи не имеют декарбонизатор, необходима существенная модификация циклонных теплообменников.

ПРОЕКТ DRAFT

Печи с декарбонизатором позволяют создать независимо друг от друга окислительную/восстановительную среду в печи и в декарбонизаторе. Инжекция части топлива может привести к снижению выбросов NO_x.

Печи с циклонным теплообменником без декарбонизатора позволяют снизить выбросы NO_x, однако при этом могут увеличиться выбросы SO_2 и летучих органических соединений из-за восстановительной среды. Эти выбросы должны постоянно контролироваться.

Экономика

Инвестиционная стоимость установок стадийного сжигания топлива на печах с декарбонизатором зависит от конструкции существующего декарбонизатора.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

5.1.18 Селективное некаталитическое восстановление оксидов азота (SNCR)

Описание

Селективное некаталитическое восстановление оксидов азота (SNCR) применяется для снижения выбросов NO_x

Техническое описание

Селективное некаталитическое восстановление оксидов азота включает инжекцию водного раствора аммиака (до 25 % NH_3), водных растворов соединений аммиака или мочевины в дымовые газы для восстановления NO до N_2. Оптимальный температурный интервал протекания реакции – 830–1050 ºС при обеспечении достаточного времени контакта восстанавливающего агента с дымовыми газами.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов в атмосферу

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение количества NOx на 30−>50% (мольное соотношение NH_3: NO_2 от 0,5 до 0,9) и количества среднесуточных выбросов NOx в пределах <350–500 мг/нм^3.

При объединении интегрированных первичных технических мероприятий с высокоэффективной технологией селективного некаталитического восстановления достижимо среднесуточное снижение выбросов оксидов азота на 80 – 90% с концентрацией менее 500 мг/нм^3 при начальной ее величине 2000 мг/нм^3

ПРОЕКТ DRAFT

Кросс-медиа эффекты

При использовании раствора аммиачной воды как восстанавливающего реагента, может произойти проскок аммиака и выделиться непрореагировавший аммиак. Могут появиться выбросы закиси азота N_2O, концентрация находится в пределах 1–5 мг/нм^3, что примерно равно пределу их обнаружения. Дополнительно может увеличиться выброс оксида углерода CO, если впрыскивание восстанавливающего реагента до смесительной камеры декарбонизатора на поверхность, где происходит горение топлива.

Дополнительное тепло для испарения воды восполняется теплом реакции восстановления оксидов азота, которая приводит к небольшому увеличению выбросов CO_2. Транспортирование и складирование растворов аммиака является потенциально опасным для окружающей среды и требует некоторых дополнительных технических решений для обеспечения безопасности. Также требуется предусмотреть проблемы, связанные с производством аммиака, его транспортировкой, получением водного раствора и разбавлением этого раствора.

При использовании мочевины как восстанавливающего реагента, главным конечным продуктом является аммиак и диоксид углерода. Количество образующегося N_2O из мочевины значительно выше, чем из раствора аммиака. Образование оксидов азота из мочевины изменяется с температурой. Исследования показывают, что наибольшее снижение NOx и максимальное образование N_2O имеет место в том же температурном интервале. Изоциановая кислота в основном гидролизуется с образованием аммиака и оксида углерода. Использование мочевины приводит к бо̀льшим выбросам оксида углерода (CO), чем при использовании аммиака.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технология SNCR применима для любых вращающихся печей. Место инжекции различается с изменением типа печи. В длинных печах мокрого и сухого способа очень трудно получить нормальную температуру и необходимое время пребывания. Риск относительно хранения аммиака снижается складированием 25 % водного раствора аммиака.

Экономика

Стоимость зависит от применяемых правил складирования аммиачной воды. Эксплуатационная стоимость определяется стоимостью инжектируемого аммиака

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

ПРОЕКТ DRAFT

5.1.19 Селективное каталитическое восстановление оксидов азота (SCR)

Описание

Селективное каталитическое восстановление оксидов азота (SCR) применяется для снижения выбросов NOx

Техническое описание

В технологии SCR NO и NO_2 восстанавливаются до N_2 с помощью NH_3 и катализатора при температуре около 300–400 ºC. В цементной промышленности в основном рассматриваются две системы: установка с низким пылевыделением между системой обеспыливания и дымовой трубой и с высоким пылевыделением – между теплообменником и системой обеспыливания. Установка системы с низким пылевыделением требует повторного подогрева отходящих газов после их обеспыливания, что сопровождается дополнительными затратами на энергию и потерями давления. Система с высоким пылевыделением газов более предпочтительна по техническим и экономическим показателям. Эта система не требуют дополнительного подогрева, так как температура газов на выходе из теплообменника обычно достаточно высокая для работы с применением SCR технологии.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов NOx.

Поскольку катализаторы разлагают углеводороды, то при внедрении технологии SCR снижаются также выбросы общих органических соединений и выбросы полихлорированных дибензодиоксинов и фуранов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность удаления NO_x составляет от 50 до более чем 99 % (в сочетании с другими методами очистки – пылеулавливающее оборудование)

Кросс-медиа эффекты

Потребность в электроэнергии может увеличиться из-за внутренней системы обеспыливания реактора SCR и дополнительных потерь давления.

Системы выхлопных газов с низким содержанием пыли требуют повторного нагрева выхлопных газов после обеспыливания, что может вызвать дополнительные затраты энергии и потери давления.

Катализаторы должны быть переработаны или утилизированы.

Технические соображения, касающиеся применимости

Высокая запыленность газов требует высокой механической прочности катализатора, более широких каталитических возможностей, чем обычно при использовании его в технологии с низкозапыленными газами, чтобы предотвратить его закупорку и потерю активности. Соответствующий

ПРОЕКТ DRAFT

химический состав катализатора оценивается по эти трем показателям. К тому же из-за размеров камеры и количества используемых слоев катализатора необходимо иметь достаточное пространство для размещения установки SCR.

Экономика

Стоимость использования технологии SCR зависит от мощности завода и эффективности снижения NO_x. Технология SCR в отличие от технологии некаталитического снижения выбросов оксидов азота, доминирует по инвестициям, которые в 4–9 раз выше инвестиций технологии некаталитического снижения. Использование катализатора увеличивает эксплуатационные расходы. К тому же потребление энергии существенно выше из-за падения давления и необходимости применения сжатого воздуха для чистки катализатора.

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

Реализация SCR технологии может обеспечить большую эффективность снижения NO_x с одновременным снижением выбросов других загрязнителей, например аммиака из сырьевых материалов.

5.1.20 Добавление сорбента

Описание

Вторичные методы контроля выбросов применяемые в цементной промышленности включают в себя добавление сорбента в сырьевой материал или введения сорбента в газовый поток

Техническое описание

Сорбент добавляется в сырьевой материал (добавка гидратной извести) или инжектируется в газовый поток. Добавление гидратной извести имеет дополнительные преимущества в том, что кальцийсодержащие добавки образуют продукты, которые могут непосредственно участвовать в процессе обжига клинкера.

Оптимальная температура для добавления гидратной извести находится в пределах 350–450 ° C и ниже 150 ºC, если газ содержит повышенное количество влаги. Наиболее удобным местом подачи гидратной извести в цементную печь является верхний циклон теплообменника или газоход отходящих газов. В качестве альтернативы может рассматриваться процесс, когда гидратная известь подается в сырьевую мельницу совместно с сырьевыми компонентами или добавляется в питатель печи. Гидратная или гашеная известь ($Ca(OH)_2$), быстрообожженная негашеная известь (CaO) или активированная зола-унос с высоким содержанием CaO инжектируются в отходящие газы при температуре, близкой к точке росы, что обеспечивает более предпочтительные условия для связывания SO_2. В цементной печной системе эта температура наиболее

ПРОЕКТ DRAFT

характерна для участка между сырьевой мельницей и пылеосадителем. Гидратная известь реагирует с SO_2 в верхнем циклоне и выносится в виде пыли в систему пылеулавливания, откуда возвращается в установку для одновременной сушки и помола сырья. Факторами, ограничивающими эффективность снижение выбросов, являются малое время пребывания газа в верхнем циклоне (примерно две секунды) и высокое, более 30 %. содержание CO_2 в отходящих газах.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов в атмосферу

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Степень снижения SO_2 добавкой гидратной извести определяется уровнем начального содержания SO_2 и характеристиками отходящих газов с одной стороны и концентрацией серы в процессе цикличного кругооборота, характерном для конкретного завода с другой стороны. Снижение SO_2 на 60–80 % может быть достигнуто инжекцией абсорбента в циклонный теплообменник. При начальном уровне SO_2 выше 400 мг/нм^3 теоретически возможно достичь уровня выбросов в 100 мг/нм^3. При начальной величине SO_2 в пределах 1200 мг/нм^3 требуется значительное количество адсорбента, что повышает стоимость процесса. Более того, высокая начальная концентрации серы приводит к нарушению процесса из-за образования отложений в области обжига. Поэтому при применении этой технологии может появиться риск циркуляции серы и связанная с этим нестабильность работы печи при высоком уровне серы, возвращаемой в печь.

Кросс-медиа эффекты
Интенсивная инжекция извести влияет на качество сырьевой смеси

Технические соображения, касающиеся применимости
Добавка адсорбента применима для всех печей, хотя в основном используется в печах с запечными теплообменниками.

Экономика
Нет данных

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.1.21 Мокрый скруббер

Описание

ПРОЕКТ DRAFT

Удаление газообразных веществ из потока отходящего газа и технологического отходящего газа, основанного на поглощении загрязняющих веществ из газа жидкостью

Техническое описание

Мокрый скруббер – это традиционно применяемая технология для десульфуризации газов на тепловых электростанциях, работающих на угле. Для снижения выбросов SO_2 при производстве цемента технология мокрого скруббера находится на стадии разработки процесса. Технология мокрого скруббера основана на следующей химической реакции:

$$SO_2 + ½\ O_2 + 2H_2O + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 \bullet 2H_2O + CO_2$$

SO_2 абсорбируется жидким шламом, который распыляется в распылительной башне. В качестве абсорбента используется карбонат кальция. Система мокрого скруббера обеспечивает высокую эффективность улавливания водорастворимых кислых газов, включая их десульфуризацию (FGD-процесс) с наименьшим количеством твердых отходов. Эта технология предполагает использование значительных объемов воды с последующей необходимостью очистки сточных вод

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов в атмосферу

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение выбросов SO_2 может достигать более 95 %.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления энергии.

Увеличение отходов производства при десульфуризации газов, при обслуживании установки могут образоваться дополнительные отходы.

Увеличение выбросов CO_2 (см. химическую реакцию, приведенную выше).

Увеличение потребления воды и увеличение риска загрязнения воды.

Увеличение эксплуатационных расходов.

Замена природного гипса искусственным гипсом (FGD-гипс).

Технические соображения, касающиеся применимости

Мокрый скруббер пригоден для всех типов печей с соответствующей достаточно высокой величиной выбросов SO_2, обеспечивающей производство гипса.

Экономика

Нет данных

Движущая сила внедрения

ПРОЕКТ DRAFT

Требования законодательства

5.1.22 Снижение выбросов оксида углерода и проскоков CO

Описание

Снижение выбросов CO путем использования сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества и топлива с низким отношением количества углерода и исключения проскоков CO_2 путем регулирования процесса горения, качества топлива и систем подачи топлива

Техническое описание

Отходящие печные газы или газы, выходящие из сырьевых мельниц, содержат, кроме CO_2, N_2, паров воды и кислорода, в несколько меньшем количестве NO и SO_2, а также CO. Выбор, когда это возможно, сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества снижает выбросы CO. Когда в результате неполного сгорания топлива появляется оксид углерода, улавливание выбросов становится менее эффективным. Поэтому при работе установки соблюдается тенденция ограничения выделения CO из печи. Улучшение сжигания, оптимизация и качество топлива, характеристики горелки и ее конфигурация, конструкция печи, температура горения и время пребывания топлива в печи – все это может снизить выбросы CO.

Все технические решения, которые приводят к снижению потребление топлива, также уменьшают количество выбросов CO_2. Выбор, при возможности, сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества и топлива с низким отношением количества углерода и величины его калорийности снижает выбросы CO_2.

Проскок CO

Выделения пыли из-за проскока CO могут увеличиваться при использовании электрофильтров, и, в некоторых случаях, гибридных фильтров. Из соображений безопасности электрофильтры должны быть выключены при появлении CO в отходящих газах.

Чтобы снизить время отключения электрофильтра, необходимо выполнить следующие мероприятия:

• дать объективную оценку ситуации и выявить основные причины, влияющие на появление CO, а именно:

– нарушение режима обжига;

– высокий уровень CO из-за высокого содержания органических соединений в сырьевом материале;

– нарушения в питании печи топливом;

– нарушения процесса сжигания топлива.

• сравнить текущую и оптимальную ситуацию, установить приоритеты;

ПРОЕКТ DRAFT

• оптимизировать процесс, обеспечить анализ системы, надежности и скорости технических решений.

Чтобы идентифицировать причины и направление действия, а также разработать необходимые технические решения, требуется следующая информация:

• информация о наличие, надежности и динамики поведения анализируемого оборудования;

• информация о статистике появления CO;

• информация об используемом топливе, системы подачи топлива и процессе.

Система питания топливом, спроектированная для предотвращения волнообразной подачи в печь и обеспечения стабильной работы системы сжигания, может минимизировать появление проскоков CO.

Для того, чтобы контролировать уровень CO в печи, используется автоматический измеритель для постоянного контроля CO в отходящих газах. Это техническое решение нуждается в оптимизации для того, чтобы обеспечить необходимое отключение электрофильтров. Идеальная система контроля CO имеет короткое время отклика и должна быть расположена близко к источникам выделения CO, таких как выход из циклонного теплообменника или из печи в случае применения мокрого способа производства. Необходимо учитывать время на анализ, включая время отбора пробы. Идеально это время не должно превышать 20–30 сек (время запаздывания анализа). Для сокращения времени отключения электрофильтра необходимо учитывать тенденции изменения CO на основе ранее полученной, накопленной и проанализированной информации. Время запаздывания при контроле CO может быть снижено увеличением количества образцов, сокращением расстояния от точки отбора пробы до анализатора, снижением объема анализируемой пробы и быстрым электронным описанием сигнала. Быстрое определение состояния системы можно обеспечить в течение менее 3 секунд, но имеется ограничение для газов с большим количеством пыли. Необходимы также постоянный уход и калибровка режима работы прибора. Возможность анализатора такова, что имеется соответствующий критический диапазон показаний, при котором можно определять компоненты: до 5% для CO и 3% для CH_4. Если появление CO не может быть предотвращено, любые воспламеняющиеся источники, особенно оборудование с высоким напряжением (электрофильтры) требуют специального внимания. Другим источником, который потенциально может привести к возгоранию или взрыву в системе пылеочистки, может быть трение твердых тел или вентилятор.

Критическими параметрами считаются присутствие в газах более 8 % CO или CH_4 в присутствии более 6 % O_2. Фактически при проскоке CO рост его концентрации в газах происходит очень быстро и может достичь критического значения еще до осуществления анализа, хотя и в этом случае система должна поднять тревогу. Поэтому уровень срабатывания системы отключения и

ПРОЕКТ DRAFT

сигнализации должен быть настроен значительно ниже критического; в добавок он зависит от концентрации CH_4 и H_2, особенно при использовании природного газа в качестве топлива.

Отключение электрофильтров происходят в основном на стадии пуска − остановки печи. Для безопасной работы и защиты электрофильтра газоанализатор должен работать постоянно на всех стадиях процесса. Время отключения электрофильтра на заводе может быть снижено использованием дублирующей системы.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение риска взрыва, проскока CO, выбросов CO и пыли

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Выбросы пыли могут появиться из-за проскока CO.
CO может быть обнаружено в проходящих газах при концентрации до 0,1% с дополнительным количеством CO, порождаемым углеродом, содержащимся в сырьевых материалах (см. раздел 4.1.8).

Кросс-медиа эффекты
Выбросы пыли могут появиться из-за проскока CO
Технические соображения, касающиеся применимости
Технические решения для снижения проскоков CO могут применяться на всех типах печей.

Экономика
Нет данных

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.1.23 Выбросы органических углеводородов

Описание
Снижение выбросов летучих органических соединений достигается путем контроля качества используемых сырьевых материалов (содержание ЛОС)

Техническое описание
При нормальных обстоятельствах выбросы летучих органических соединений в основном небольшие, но могут повыситься в связи с наличием их в сырьевых материалах, используемых на заводе. Природные сырьевые материалы или отходы с высоким содержанием летучих органических соединений по возможности не выбираются, но если при использовании они

ПРОЕКТ DRAFT

подаются в печь как обычно через питатели, то топливо с высоким содержанием галогенов не должно использоваться как вторичное топливо.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов ЛОС

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Нет данных

Кросс-медиа эффекты
Отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости
Технические решения применимы ко всем цементным печам

Экономика
Нет данных

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.1.24 Производственные потери / отходы

Описание
Снижение производственных потерь путем утилизации уловленной пыли в технологический процесс если это применимо и целесообразно

Техническое описание
Собранная пыль может быть возвращена в производственный процесс. Возврат пыли может производиться напрямую в печь, либо совместно с питанием печи сырьевой смесью (в этом случае лимитирующим фактором является концентрация щелочных металлов), либо смешением с цементом. Альтернативное использование может быть предложено для материалов, которые нельзя возвращать в процесс.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение количества отходов, появившихся в процессе производства, снижает расходы сырьевых материалов

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Содержание металлов в собранной пыли является лимитирующим фактором для ее использования в качестве сырьевого материала и может оказать негативное влияние на выбросы металлов.

ПРОЕКТ DRAFT

Дополнительным лимитирующим фактором является содержание хлора в собранной пыли, а ее возврат в производственный процесс (подача в печь или смешение с цементом) должен быть адаптирован к требованиям качества продукции.

Кросс-медиа эффекты
Нет данных

Технические соображения, касающиеся применимости
Вторичное использование производственных отходов в принципе применимо в цементной промышленности

Экономика
Нет данных

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.2 Техники, которые рассматриваются при выборе НДТ, при производстве извести

5.2.1 Оптимизация процесса управления

Описание
Снижение расходных показателей и процесса обжига и снижения воздействия на окружающую среду путем оптимизации систем управления процессом

Техническое описание
Оптимизация системы автоматического управления процессом, используемой на большинстве стадий технологического процесса производства извести. Поддержание близкими к оптимальным значениям параметров, контролирующих работу печи, способствует снижению всех расходных показателей процесса обжига извести и выбросов. Это среди прочего снижает количество остановок и нарушений режима работы печи. Системы менеджмента могут действовать таким образом, чтобы обеспечить хорошие условия эксплуатации и мониторинг их соблюдения.

Достигнутые экологические выгоды
Отсутствуют

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Зависят от поставленных при оптимизации задач

ПРОЕКТ DRAFT

Кросс-медиа эффекты

Мероприятия по оптимизации контроля технологического процесса положительно влияют на энергопотребление и выбросы

Технические соображения, касающиеся применимости

В разной мере пригодны на всех известковых печах

Полная автоматизация производственного процесса, так как её невозможно увязать с качеством получаемой извести

Экономика

В зависимости от поставленных при оптимизации задач

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

5.2.2 Снижение расхода электроэнергии на обжиг при производстве извести

Описание

НДТ для минимизации расхода электроэнергии является:

- использование систем управления потреблением электроэнергии;
- использование карбонатной породы с оптимальной гранулометрией;
- использование высокоэффективного помольного оборудования и другого оборудования, основанного на использовании электроэнергии.

Техническое описание

Энергосбережение может быть реализовано на всех технологических этапах производства извести.

Для основных процессов, включающих в себя подготовку сырьевых материалов, обжиг и измельчение возможно применение систем управления мощностью, включая устройства плавного пуска. Экономия электрической энергии при использовании управления мощностью в зависимости от режимов работы оборудования может достигать 20-40 %.

Основными направлениями применения систем управления мощностью являются:

- привод вращающейся печи;
- привод дымососов и вентиляторов;
- привода других электродвигателей используемого оборудования.

Внедрение регулируемых приводов не только повышает энергоэффективность, но и позволяет в полной мере автоматизировать процесс производства извести. Автоматизация технологических процессов, кроме снижения электропотребления, приводит к экономии топлива и повышению качества выпускаемого продукта.

ПРОЕКТ DRAFT

Замена устаревшего помольного и классифицирующего оборудования на современные устройства позволяет существенно снизить электропотребление и одновременно повысить качество подготовки сырьевых материалов и готовой продукции.

Для измельчения до более крупного материала используют молотковые мельницы. Для получения более мелкого материала используют шаровые и кольцевые мельницы, валки высокого давления в сочетании с дезагломераторами. Низкий уровень энергопотребления имеют ударно-центробежные мельницы.

Снизить энергопотребление позволяет использование оптимального гранулометрического состава для имеющейся конфигурации оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления электрической энергии влечет за собой снижение выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Обжиг

Расход электроэнергии при обжиге складывается из энергопотребления погрузочно-разгрузочных транспортеров, скиповых подъемников, приводов печей, приводов холодильников, дымососов, очистительного оборудования.

Удельный расход электроэнергии на производство 1 т извести печами разного типа (конструкции) приведен в таблице 5.5.

Кросс-медиа эффекты

Кросс-медиа эффекты, оказывающие негативные воздействия на окружающую среду отсутствуют. Снижение потребления энергоресурсов приводят к сокращению выбросов в атмосферу.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применима для всех предприятий.

Таблица 5.5 – Удельный расход электроэнергии

Тип печи	Удельный расход электроэнергии на производство 1 т извести, кВт.ч/т	
	мин.	макс.
Шахтные печи пересыпные	7	22
Двухшахтные регенеративные	22	40
Вращающиеся с запечным подогревателем	22	58
Длинные вращающиеся печи	20	60

ПРОЕКТ DRAFT

Экономика

Использование энергии составляет существенную долю в стоимости продукции. Экономическая эффективность внедрения выбранной технологии определяется после разработки ТЭО для конкретного предприятия.

Движущая сила внедрения

Требования закона. Местные условия. Энергетическая эффективность. Снижение выбросов.

5.2.3 Снижение расхода тепла на обжиг при производстве извести

Описание

Снижение расхода тепла на обжиг достигается применением комплекса следующих мероприятий:

а) применение улучшенной и оптимизированной печной системы и плавного, стабильного процесса эксплуатации печи в соответствии с установленными параметрами, используя:

- оптимизацию контроля процесса, включая компьютерный автоматический контроль;
- рекуперацию тепла отходящих газов (если это возможно);
- современную весовую систему подачи топлива.

(б) использование топлива с характеристиками, которые оказывают положительное влияние на расход тепла на обжиг. При замене природного топлива на топливные отходы необходимо использовать подходящие печи и горелки, оптимизированные для сжигания отходов;

(в) ограничение коэффициента избытка воздуха.

Техническое описание

В зависимости от конструкции печи применяются различные методы снижения расхода тепловой энергии. Способы оптимизации расхода тепловой энергии применяются на различных установках завода, включая:

• печь

- внутренние огнеупорные устройства для улучшения теплообмена и минимизации расслоения;

- установка теплоизоляции для минимизации теплопотерь стенками;

- снижение подсосов воздуха уплотнением головки и загрузочного конца печи;

- регулярная очистка желобов;

• управление режимами печи

- системы автоматизированного контроля тяги в головке печи, избытка воздуха, расхода топлива, оборотов печи;

- системы наблюдения за ключевыми параметрами процесса;

ПРОЕКТ DRAFT

• система сжигания топлива:

- использование эффективных регулируемых горелок, соответствующих температурному профилю получения продукции;

- «он-лайн» мониторинг горения и коэффициента избытка воздуха

- контроль горения при анализе дымовых газов;

- использование гибкой системы сжигания топлива, позволяющей смешивать топливо с отходами;

• контур дымовых газов

- рекуперация тепловой энергии (где возможно);

• Теплообменник

- снижение потерь давления в теплообменнике;

• Холодильник

- применение эффективного холодильника, позволяющего усреднять распределение воздуха и выгрузку извести;

• Контроль материалов

- регулярный отбор топлива и материалов для контроля их соответствия условиям процесса;

- для контроля гранулометрии и повторного грохочения установка надежного весового/измерительного оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления тепловой энергии и, как следствие, снижение выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Технологические показатели, которые могут быть достигнуты при реализации предложенных мероприятий, сведены в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Технологические показатели

Тип печи	Потребление тепловой энергии, ГДж/т [1)]
Длинные вращающиеся печи	6,0–9,0
Вращающиеся с запечным теплообменником	5,1–7,8
Кольцевые шахтные	3,3–4,9
Шахтные пересыпные	3,4–4,7
Прочих конструкций	3,5–7,0
[1)] На энергопотребление влияют вид продукции, ее качество, условия технологического процесса и качество сырья.	

Кросс-медиа эффекты

ПРОЕКТ DRAFT

Кросс-медиа эффекты, оказывающие негативные воздействия на окружающую среду отсутствуют. Снижение потребления энергоресурсов приводят к сокращению выбросов в атмосферу.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применима для всех типов предприятий.

Экономика

Использование энергии составляет существенную долю в стоимости продукции. Экономическая эффективность внедрения выбранной технологии определяется после разработки ТЭО для конкретного предприятия.

Движущая сила внедрения

Требования закона. Местные условия. Энергетическая эффективность. Снижение выбросов.

5.2.4 Использование отходов в качестве альтернативного топлива при производстве извести

Описание

Специально подготовленные и переработанные отходы с высокой калорийностью можно использовать в известеобжигательных печах взамен обычного ископаемого топлива с учетом их характеристик.

Для использования в качестве альтернативного топлива применяются отходы, содержащие твердые или жидкие горючие остатки топлива, отходы нефти, твердые производные топлива, растворители и жидкие продукты переработки нефти, пластики (за исключением поливинилхлорида) и (или) биомассы. Уровень замещения традиционного топлива может составлять от нескольких процентов до полного замещения [2].

Техническое описание

Отходы, которые могут использоваться в качестве топлива, можно использовать во вращающихся печах, кольцевых шахтных печах, регенеративных печах с параллельным потоком и в печах другой конструкции. Выбор типа печи зависит от требований к качеству продукции и к производительности печи.

В таблице 5.7 представлены отходы, которые могут использоваться в качестве топлива, применяемые в различных печах.

Жидкие горючие отходы можно использовать как в длинных вращающихся печах, так и во вращающихся печах с запечным теплообменником, в кольцевых шахтных печах, в регенеративных печах с параллельным током и

ПРОЕКТ DRAFT

шахтных печах специальной конструкции: в обычных шахтных печах с боковой горелкой и в шахтных печах с двойным наклоном шахты.

Таблица 5.7 – Перечень отходов, которые могут использоваться в качестве топлива, применяемые в различных печах по [2]

Типы печей	Виды отходов		
	Жидкие	Твердые окускованные	Твердые измельченные
Длинные вращающиеся печи(LRK)	x	x	x
Вращающиеся печи с запечным теплообменником (PRK)		x	
Регенеративные печи с параллельным потоком(PFRK)	x	x	
Кольцевые шахтные печи (ASK)	x	x	x
Печи другой конструкции (OK)	x	x	

Измельченные твердые отходы можно использовать в качестве топлива во всех вышеперечисленных типах печей. Мелкие окускованные отходы можно использовать во вращающихся печах (LRK, PRK) и в кольцевых шахтных печах. При утилизации отходов, которые могут использоваться в качестве топлива, не образуется ни твердых, ни жидких отходов.

Достигнутые экологические выгоды

Выбор и использование отходов, которые могут использоваться в качестве топлива, обусловлены рядом взаимодействующих факторов, главным из которых является снижение использования природных ресурсов, ископаемого топлива. В области регулирования опасных отходов совместная, проводимая под контролем, переработка отходов может обеспечить практичный, экономически эффективный и экологически предпочтительный (по сравнению с размещением на полигоне или сжиганием) вариант.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Ввиду особых требований к качеству продукции и к производственному процессу, отходы должны обладать определенными физическими свойствами. В производстве извести можно использовать только отходы со специальными характеристиками.

Так как высококалорийные отходы используют в известеобжигательных печах вместо традиционного природного топлива, необходимо обеспечить

ПРОЕКТ DRAFT

постоянство их качества: достаточную теплотворную способность, низкую влажность и содержания металлов, хлора и золы; кроме того, отходы должны подходить горелочным устройствам.

Для утилизации во всех типах печей (кроме регенеративных печей с параллельным потоком) отходов, которые могут использоваться в качестве топлива, используют специальные горелки, как для газообразного, так и жидкого топлива. Эти печи оснащены горелками, специально спроектированными сжигания газообразного, жидкого и твердого топлива.

В общем виде при подаче отходов в печь необходимо соблюдать следующие правила:

– использовать для утилизации отходов в печах соответствующих горелок и режимов обжига;

– организовать режим так, чтобы образовавшийся при сжигании отходов газ находился в усредняющих и контролируемых условиях даже при самых неблагоприятных условиях при температуре 850 °С не менее 2 сек;

– повышать температуру свыше 1100 °С в том случае, если сжигаемые опасные отходы содержат свыше 1 % органических соединений хлора;

– обеспечивать непрерывную и стабильную подачу отходов;

– прекращать утилизацию отходов в период пуска и остановки печи, когда невозможно поддерживать необходимый режим (см. «б» и «в»).

Перед применением отходов, ввиду опасности загрязнения извести необходимо проанализировать с определением качественных показателей, обеспечивающих требуемые энергетические и экологические характеристики.

Выбор подходящих отходов, которые могут использоваться в качестве топлива, определяется также требуемым качеством готовой продукции и возможностью его подачи в конкретную печь. Их выбор ограничивается физическими и химическими свойствами, а так же наличием достаточного количества на рынке.

Разделения топлива на природное и отходы требует также обеспечение необходимого качества продукции и специфических требований местных условий. По этой причине для производства извести подходит лишь ограниченное число отходов. Отходы, которые могут использоваться в качестве топлива, в 2005 г. обеспечивали лишь 4 % энергопотребления европейской известковой промышленности.

Кросс-медиа эффекты

Технология использования подготовленных и переработанных отходов в качестве альтернативного топлива снижает затраты на топливо и, в то же время, уменьшает нагрузку на окружающую среду, поскольку ограничивает количество отходов размещаемых на полигонах. Но, при этом следует учитывать, что использование отходов в качестве топлива несет риски увеличения выбросов вредных веществ.

ПРОЕКТ DRAFT

Жидкие отходы, которые могут быть использованы как топливо, могут быть опасными. Это следует учитывать при работе (складировании, дозировании) с этим видом топлива.

Технические соображения, касающиеся применимости

Для утилизации отходов требуется разработка нормативно-технической документации регламентирующей их использование в качестве альтернативного топлива. На сегодняшний день такая нормативная документация в Республике Казахстан отсутствует. После разработки и утверждения таких регламентов для процессов утилизации отходов данная технология может быть применена на предприятиях Казахстана.

Экономика

Данные по стоимости оборудования для подготовки отходов к использованию и модернизации печей для утилизации отходов, которые могут использоваться как топливо, отсутствуют.

Движущая сила внедрения

Большие запасы отходов. Высокая доля стоимости топлива в себестоимости продукции. Снижение нагрузки на экологию. Существует опыт использования отходов в отрасли.

5.2.5 Техники по операциям, связанным с пылевыделением

Описание

Снижение неорганизованных выбросов пыли посредством конструктивных и организационно-технических решений

Техническое описание

Некоторые из рассматриваемых здесь технических решений могут использоваться по отдельности и в сочетании друг с другом:

• проведение таких операций, связанных с выбросами пыли, как измельчение, грохочение и перемешивание в закрытых помещениях;

• покрытие конвейеров и элеваторов, которые конструируют как закрытая система;

• использование для хранения силосов надлежащей вместимостью, оборудованных индикаторами уровня, распределительными устройствами и фильтрами для запыленного воздуха;

• предпочтительно в пневмотранспортной системе использовать замкнутый цикл;

• транспортирование проводить в закрытой транспортной системе при разрежении и осуществлять очистку выбрасываемого воздуха в атмосферу с помощью рукавного фильтра;

ПРОЕКТ DRAFT

• снижение подсосов воздуха и просыпей установкой уплотнений;
• использование надлежащей изоляции;
• использование автоматических устройств и контрольных систем;
• осуществлять непрерывные безопасные операции;
• использовать при погрузки гибкие трубы, оборудованные системой пылеудаления.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов первичной диффузной пыли
С помощью изоляции оборудования возможно добиться снижения уровня шума

Экологические показатели и эксплуатационные данные
В зависимости от конкретных условий используют соответствующее техническое решение

Кросс-медиа эффекты
Вследствие использования вакуумных систем возрастает энергопотребление
При техническом обслуживании могут возникать дополнительные отходы

Технические соображения, касающиеся применимости
Все упомянутые технические решения применимы в условиях известкового производства. При таких операциях по подготовке сырьевых материалов, как дробление и просеивание, из-за содержания в сырье влаги нельзя использовать обычную систему сбора пыли. Для снижения выбросов пыли сырьевые материалы можно дополнительно увлажнять разбрызгиванием воды.

Экономика
В зависимости от конкретных условий используют соответствующее техническое решение

Движущая сила внедрения
Требования законодательства
Требования производственной техники безопасности

5.2.6 Снижение выбросов пыли при хранении сыпучих материалов и штабелей

Описание
Технические решения для предотвращения выбросов диффузной пыли

Техническое описание

ПРОЕКТ DRAFT

Для того, чтобы изначально снизить неорганизованные выбросы пыли из расположенных на открытом воздухе хранилищ сыпучих материалов, штабелей и прочих источников пылящих сырьевых материалов или топлива, эти источники пыли необходимо изолировать экранированием, устройством перегородок или вертикальной растительностью (с помощью искусственных или природных препятствий для раздувания пыли ветром).

Использование для хранения материалов силосов или полностью автоматизированных хранилищ рассматривается как эффективное решение проблемы выбросов диффузной пыли из объёмных штабелей.

Для предотвращения выбросов диффузной пыли в ходе операций погрузки и выгрузки такие хранилища оборудуют одним и более тканевым фильтром. Снижения выбросов штабелями диффузной пыли можно добиться соответствующим увлажнением на участках загрузки и выгрузки и использованием расположенных на надлежащей высоте конвейеров. В том случае, если не удается избежать выбросов диффузной пыли, их уровень можно снизить подбором высоты разгрузки и высоты хранящегося материала. Эти операции проводят либо в автоматическом режиме, либо снижением скорости разгрузки.

Кроме того, такие участки (если они расположены в сухой местности) следует увлажнять специальными разбрызгивающими устройствами и очищать специальными грузовиками. В том случае, если техническое решение связано с использованием увлажнения или разбрызгивающих устройств, необходимо уплотнить поверхность основания и обеспечить сбор избыточной воды, которую можно использовать в замкнутом оборотном цикле.

Для предотвращения выбросов диффузной пыли при разгрузочных операциях их предлагается осуществлять под вакуумом. Новые постройки можно легко оборудовать стационарными системами для вакуумной очистки, в существующих строениях предпочтительно использовать мобильные системы с гибкими соединениями. Для снижения выбросов диффузной пыли на участках поверхности, где передвигаются грузовики, эти поверхности по возможности иметь покрытие, поверхность которого необходимо очищать.

Увлажнение поверхности покрытия особенно в сухую погоду может способствовать снижению выбросов диффузной пыли. Для снижения таких выбросов до минимума следует обеспечить содержание помещений в чистоте.

Достигнутые экологические выгоды

При осуществлении локальных увлажнений растет расход воды.

Использование вакуумных систем связано с увеличением расхода электроэнергии.

В процессе обслуживания оборудования могут появиться дополнительные отходы

Экологические показатели и эксплуатационные данные

DRAFT

В зависимости от конкретных условий используют соответствующее техническое решение.

Кросс-медиа эффекты
Отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости
Все упомянутые технические решения применимы в условиях известкового производства

Экономика
В зависимости от конкретных условий используют соответствующее техническое решение.

Движущая сила внедрения
Требования законодательства.
Требования производственной техники безопасности.

5.2.7 Электрофильтры

Описание
Частицы, подлежащие удалению, заряжаются и разряжаются под воздействием электрического поля. Эффективность очистки может зависеть от количества полей, времени пребывания и предшествующих устройств для удаления частиц. Электрофильтры могут быть сухого или мокрого типа в зависимости от метода, используемого для сбора пыли с электродов.

Техническое описание
В электрофильтре дымовые газы проходят через камеру с двумя электродами. На первый электрод подается высокое (до 100 кВ) напряжение, ионизирующее дымовые газы. Образующиеся ионы прилипают к находящимся в дымовых газах частицам пыли, в результате частицы приобретают электрический заряд. Электростатические силы отталкивают заряженные частицы пыли от первого электрода и притягивают их которому, где они оседают. Таким образом, частицы пыли удаляются из потока дымовых газов. Электрофильтры создают электрическое поле на пути дисперсного материала в воздушном потоке. Эти частицы приобретают отрицательный заряд и перемещаются к положительно заряженным улавливающим пластинам. Улавливающие пластины периодически вибрируют, сбрасывают находящийся на них материал в расположенные снизу сборные бункеры. Для электрофильтров характерна способность работать в условиях повышенных (до 400 ^{o}C) температур и влажности. На их эффективность влияют скорость дымовых газов, сила электрического поля, электропроводность пыли, концентрация SO_2,

ПРОЕКТ DRAFT

влажность форма и поверхность электродов. Следует отметить, что электрическое поле ослабляется в результате образования на поверхности улавливающих пластин изолирующего слоя материала. Ввиду опасности взрывов безопасная концентрацию CO на входе в электрофильтр поддерживают на уровне 1-2 %, что существенно ниже взрывоопасного предела в 10 %. Ввиду того, что следует устранить риски, связанные с CO, необходимо обеспечить непрерывный мониторинг содержания CO перед фильтром. Содержание CO снижают с помощью современной системы контроля, обеспечивающей быстрое определение и наличие контрольного оборудования, позволяющего обеспечит отключение.

Достигнутые экологические выгоды

Опасность взрывов при высокой концентрации CO

При использовании электростатического осадителя возрастает расход электроэнергии (но при малых сопротивлениях системы, сопоставимыми с сопротивлениями других фильтров, затраты энергии меньше)

Образуются другие отходы

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При стабильном режиме электростатические осадители могут устойчиво обеспечить выбросы пыли 5-20 мг/нм^3.

Эффективность электростатических осадителей можно повысить последовательной установкой камер (электрических полей). Но такое решение эффективно только в том случае, если наблюдается высокий уровень выбросов пыли и достаточное пространство для их установки.

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. При выполнении работ по обслуживанию электрофильтра могут появиться дополнительные отходы. Необходимость утилизации пыли если она не может быть повторно использована.

Технические соображения, касающиеся применимости

Электрофильтры можно использовать при температурах, превышающих точку росы и ниже 400 °C (при использовании конструкций из мягкой стали). Имеется опыт использования электростатических осадителей при температуре ниже точки росы.

Ввиду больших объёмов потоков и относительно высокой пылевой нагрузке большинство вращающихся как с запечным теплообменником так и без него оборудуют электростатическими осадителями. Иногда это связано с высокой температурой отходящих газов, в других - вследствие высокой производительности печей образуются большие объёмы газов. При сочетании с охлаждающей башней достигаются отличные показатели.

ПРОЕКТ DRAFT

Экономика

С ростом размеров печи и суточной производительности инвестиции при установке электрофильтров несколько выше, чем тканевых фильтров

Движущая сила внедрения
Требования законодательства.
Температура и объём дымовых газов
Текущие эксплуатационные расходы
Энергопотребление
Надежное оборудование

5.2.8 Рукавные фильтры

Описание

Рукавные фильтры являются эффективным пылеулавливающим оборудованием. Основной принцип работы рукавных фильтров заключается в использовании матерчатой мембраны, которая пропускает газ, но задерживает пыль.

Техническое описание

Основным принципом устройства тканевого фильтра является фильтрация через тканевую мембрану, проницаемую для газа, но задерживающую частицы пыли. Сначала пыль скапливается на поверхности ткани и внутри конструкции. При достижении определенной толщины слоя частицы пыли попадают во внутреннее пространство фильтра. С увеличением толщины слоя пыли возрастает сопротивление прохождению газа.

Для контроля за сопротивлением прохождению газа необходима периодическая очистка фильтра. Для этого используются известные методы очистки реверсивная воздушная продувка, механическое встряхивание, вибрация и пульсирующая подача сжатого воздуха Система очистки, поток воздуха и воздушная нагрузка на ткань являются ключевыми понятиями для эффективной фильтрации. Такие фильтры должны быть многокамерными, это связано с удорожанием и увеличением поверхности и объёма фильтра. Ввиду возможного разрушения рукавов камеры должны быть так изолированы друг от друга, чтобы при этом сохранялась возможность их эксплуатации при выполнении обслуживания. В каждой камере должны быть установлены детекторы разрыва рукавов, сигнализирующие о необходимости проведения ремонта.

Собранную пыль складируют в так называемом «пыльном» бункере, составляющем часть пространства камер. Пыль удаляют шнековыми конвейерами, через откидную заслонку и шаровой затвор. Тканевые фильтры могут работать под давлением и при разряжении.

DRAFT

В зависимости от температуры отходящих газов используют тканевые фильтры с различной фильтрующей средой. Причиной коротких сроков эксплуатации тканевых фильтров являются:

- повышение температурных параметров
- снижение температурных параметров
- колебание температурных характеристик
- состав дымовых газов
- поведение известковой пыли - забивание пылью

Во всех случаях короткий срок эксплуатации рукавов может быть связан с недостаточными размерами фильтра. Эта проблема была решена увеличением размеров фильтра, в результате была обеспечена его двухлетняя эксплуатация с содержанием пыли менее 5 мг/нм^3. Используют рукава из специального материала с особыми свойствами, но и в этом случае возникают проблемы, связанные с коротким сроком эксплуатации. Так на одном предприятии с чрезмерной температурой эксплуатации полагают, что причина заключается именно в этом

Достигнутые экологические выгоды

Увеличение удельного расхода энергии вследствие высокого сопротивления, связанного с фильтрующей средой и наличием слоя пыли

Увеличение энергопотребления и выбросов CO_2 вследствие дополнительного подогрева дымовых газов с высокой влажностью и пониженной (<120 ° C) температурой для предотвращения коррозии фильтра и забивания рукавов.

Эксплуатация тканевых фильтров особенно при использовании для очистки пульсирующего давления может создать шум

В некоторых случаях небольшие нарушения, связанные с развитием еще не диагностируемой коррозии, могут создать условия для байпасирования и увеличения выбросов пыли по сравнению с наблюдаемым при нормальном режимом эксплуатации.

Недостаточная фильтрующая поверхность может привести к слишком высокой скорости фильтрации, при которой в него засасывается холодный наружный воздух.

Образование дополнительных отходов

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Тканевые фильтры обычно работают при температурах, превышающей точку росы до 180-200 °C, а при использовании специальной фильтровальной ткани типа стекловолокна или тефлона - при температурах до 250 °C. При этом они могут использоваться при температуре, соответствующей точке росы для обработки выбросов гидраторов.

ПРОЕКТ DRAFT

При условии хорошего проекта и соответствующих режимах эксплуатации и обслуживания тканевые фильтры (непрерывные обеспыливающие тканевые рукава) обеспечиваются выбросы пыли не более 10 мг/нм^3.

Мониторинг эффективности и нагрузки рукавов тканевых фильтров обычно производят по снижению давления запыленного и очищенного воздуха. Тканевые фильтры характеризуются высокой удерживающей способностью, составляющей в зависимости от гранулометрии частиц от 98 до 99,9 %; такие фильтры можно устанавливать на всех типах печей.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение потребления электроэнергии при повышении эффективности удаления.

Увеличение расхода сжатого воздуха для цикла очистки.

При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы.

Технические соображения, касающиеся применимости

Тканевые фильтры для удаления пыли из отходящих газов можно в принципе использовать на всех типах печей известкового производства. Они хорошо подходят для печей, мельниц и другого помольного оборудования негашеной извести, а также известняка, гидраторов, транспортных и погрузочных устройств и хранилищ. Часто перед тканевыми фильтрами для предварительной очистки используют циклоны.

Применение тканевых фильтров лимитируется такими характеристиками дымовых газов как температура, влажность, пылевая нагрузка и химический состав. Существуют различные ткани, обладающие необходимой стойкостью к механическому, термическому и химическому износу при воздействии этих факторов.

При использовании термостойких тканей температура дымовых газов может достигать 250 ºС. Кроме того, газы необходимо охлаждать водой или наружным воздухом.

Низкотемпературные (< 120 ºС) дымовые газы с высоким содержанием влаги для предотвращения коррозии фильтра и забивания фильтрующих рукавов необходимо подогревать. Для этого перед фильтром необходимо дополнительно установить подогреватель. Кожух фильтра обычно изолируют, нагреваемые элементы изготавливают из нержавеющей стали. Слишком высокая скорость потока дымовых газов будет снижать эффективность очистки. Увеличение давления очищаемого воздуха сокращает срок службы рукавных фильтров. Рекомендуемая скорость составляет 0,9-1,2 м/мин. Для предотвращения разрушения рукавных фильтров и стальной конструкции необходимо обеспечить необходимый контроль наличия в фильтре ламинарного течения. Это осуществляется опытным путем. Проблема состоит в том, какой вид фильтровальных материалов использовать и как распределить в фильтре поток

DRAFT

дымовых газов. С точки зрения опасности коррозии стальной конструкции необходимо обеспечить эксплуатацию при температурах выше точки росы. В некоторых случаях, когда возникают большие проблемы с коррозией, некоторые части фильтров изготавливают из нержавеющей стали.

Экономика

Стоимость тканевых фильтров связана с увеличением мощности печи и её суточной производительности

Движущая сила внедрения
Требования законодательства.
Температура и объём дымовых газов
Текущие затраты на эксплуатацию
Энергосбережение
Надежность оборудования

5.2.9 Влажное пылеудаление

Описание

Удаление газообразных веществ из потока отходящего газа и технологического отходящего газа, основанного на поглощении загрязняющих веществ из газа жидкостью

Техническое описание

При использовании влажного пылеудаления пыль удаляют из потока отходящих газов при их тесном контакте со скрубберной жидкостью, в качестве которой используют воду, частицы удерживаются жидкостью и могут вымываться. Прежде, чем попасть в воздух, запыленные печные газы проходят через многокаскадный/многостадийный скруббер. В скруббер закачивают воду, которая в нескольких секциях каскадом, захватывая пыль, падает вниз и затем отводится в установку для очистки. Полученный в скруббере шлам может реализовываться как материал для нейтрализации или после обезвоживания. Воду обычно регенерируют.

Существует ряд различных типов скрубберов, позволяющих осуществлять удаление пыли. К основным типам, используемым на известеобжигательных печах, относятся многокаскадные/многостадийные скрубберы для влажной обработки, динамические скрубберы для влажной обработки и скрубберы Вентури для влажной обработки. Основная масса используемых на известеобжигательных печах скрубберов для влажной очистки являются многокаскадными/многостадийными типа. Для достижения снижения содержания пыли в очищенном газе размеры скруббера должны быть увеличены, в нем должны быть установлены дополнительные каскадные секции или необходимо снизить пылевую нагрузку промывкой камня.

ПРОЕКТ DRAFT

В оборудованном системой сопел скруббере Вентури газ ускоряется при прохождении через трубопровод, где скорости достигают 60-120 м/с. Подаваемая вверх по течению трубопровода вода пневматически разбивается на мелкие капли и тщательно смешивается с газом. Частицы пыли захватываются каплями, утяжеляются и легко удаляются с помощью связанного со скруббером разгрузочного сепаратора (обычно циклонного типа). Собираемый материал представляет собой шлам, и поэтому исключаются выбросы диффузной пыли при его транспортировании. При постоянной подаче воды скруббер для влажной очистки работает устойчиво, не требуя замены изношенных элементов.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли

Экологические показатели и эксплуатационные данные

После обработки помощью скрубберов для влажной очистки нового поколения содержание пыли составляет 10-30мг/нм^3, это соответствует 0,008-0,024 кг/т гидратной извести. По сравнению с электрофильтрами и тканевыми фильтрами скрубберы влажной очистки обеспечивают меньшую степень очистки.

Кросс-медиа эффекты

Увеличится расход воды

Очищенные газы содержат больше влаги, в результате этого в печных газах может наблюдается шлейф

Образуется дополнительное количество загрязненной воды

Следует учитывать необходимость очистки скрубберной жидкости и загрязненной воды, транспортирования шлама, его утилизации и хранения

На обработку загрязненной воды необходим дополнительный расход энергии

Возможно возникновение шума

Для достижения снижения содержания пыли в очищенном газе размеры скруббера должны быть увеличены , в нем должны быть установлены дополнительные каскадные секции или необходимо снизить пылевую нагрузку промывкой камня.

Технические соображения, касающиеся применимости

Скрубберы влажной очистки используют в тех случаях, когда температура отходящих газов близка или ниже точки росы. Скрубберы иногда используют и при высокотемпературных газах , в этом случае вода охлаждает газы и снижает их объём

Экономика

ПРОЕКТ DRAFT

При учете эксплуатационных затрат следует принимать во внимание расходы на скрубберную жидкость и на процесс очистки загрязненной воды

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.2.10 Центробежные сепараторы/циклоны

Описание
Оборудование для удаления пыли из технологического отходящего газа или потока отработанного газа, основанная на использовании центробежных сил в конической камере

Техническое описание
В центробежном сепараторе/циклоне подлежащие удалению из газового потока частицы пыли отбрасываются от наружных стен под воздействием центробежной силы и удаляются через отверстие в дне устройства. Центробежные силы создаются либо в результате направления газового потока в нисходящее спиральное движение через цилиндрический объём (циклонный сепаратор), либо вращением установленного в устройстве рабочего колеса (механический центробежный сепаратор). Однако указанное пылеосадительное оборудование ввиду ограниченной его эффективности удаления частиц пыли различного размера пригодно лишь для стадии предварительной очистки. Их устанавливают перед электрофильтры и тканевыми фильтрами для снижения пылевой нагрузки и снижения абразивных воздействий

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов пыли

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Типичные циклоны удаляют около 90% пыли из известеобжигательных печей. При использовании их для предварительной очистки они обеспечивают снижение выбросов пыли до 150 мг/нм^3.
Центробежные сепараторы лучше работают при более высоком содержании загрязняющего вещества при условии, что он не будет заблокирован.

Кросс-медиа эффекты
При работе центробежные сепараторы могут стать источниками шума

Технические соображения, касающиеся применимости
Циклоны относительно дешевы и просты в эксплуатации, они обеспечивают удаление мелких частиц. Если размер частиц слишком мал,

ПРОЕКТ DRAFT

применение центробежных сепараторов/циклонов ограничено. Поэтому это оборудование используют для предварительной очистки отходящих газов из мельниц, печей и из других установок. Циклоны относительно дешевы по сравнению с электростатическими осадителями и тканевыми фильтрами

Экономика
Данные отсутствуют

Движущая сила внедрения
Требования законодательства
Сбережение сырьевых материалов

5.2.11 Оптимизация технологического процесса

Описание

Технические решения, применяемые для оптимизации производственных процессов с целью снижения выбросов NO_x

Техническое описание

Такую оптимизацию технологического процесса как выравнивание и оптимизация работы установки и/или усреднение питания топливом и сырьем можно использовать для снижения выбросов NO_x. Ниже перечислены специальные параметры контроля процесса оптимизации, способные положительно влиять на выбросы NO_x:

- скорость нагрева
- уровень температуры обжига
- избыток воздуха
- температура вторичного воздуха
- давление воздушного дутья
- дисперсность угля
- содержание в топливе летучих
- положение, длина и температура факела.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов и расхода энергии

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Отсутствуют

Кросс-медиа эффекты
Отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости

ПРОЕКТ DRAFT

Оптимизация технологического процесса и контроль за процессом могут быть внедрены в известковое производство, но необходимо отметить, что на практике кривые нагрева процесса обжига в известкой промышленности оптимизированы в лишь в соответствии с качеством продукции и энергопотребления. Кривые нагрева могут меняться, если это позволяют технические характеристики конечного продукта, но при изменении кривых нагрева с учетом выбросов следует учитывать дополнительные затраты.

Экономика
Нет данных

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.2.12 Ступенчатая подача воздуха

Описание
Снижение выбросов NO_x путем ступенчатой подачи воздуха во вращающихся печах в процессе обжига
Техническое описание
Стадийную подачу воздуха возможно применить на вращающихся печах. Зона восстановления создается снижением подачи кислорода в первые зоны реакции. Высокая температура в этой зоне частично благоприятствует реакции в ходе которой протекает регенерация NO_x для элементарного азота. В последующих зонах горения увеличивается поступление воздуха и кислорода для окисления образующихся газов. Для предотвращения образования CO и NO_x или поддержания их концентрации на минимальном уровне необходимо обеспечить эффективное перемешивание газовоздушной смеси.

Достигнутые экологические выгоды
Нет данных

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Нет данных

Кросс-медиа эффекты
Отсутствует дополнительная информация

Технические соображения, касающиеся применимости
Подходит для вращающихся печей, в которых получается сильно обожженная известь. Ступенчатая подача воздуха в шахтные печи не возможна.

Экономика

ПРОЕКТ DRAFT

Доступная информация отсутствует

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.2.13 Горелки с низким образованием NO_x

Описание
Техническое решение основано на принципах снижения пиковой температуры пламени. Смешивание воздуха и топлива снижает доступность кислорода и, как следствие, пиковую температуру пламени, тем самым замедляя процесс превращения содержащегося в топливе азота в NO_x и образование термических NO_x при сохранении высокой эффективности сгорания топлива

Техническое описание
Выбросы оксидов азота зависят главным образом от свойств обжигаемой извести, конструкции печи и превышения температуры выше 1300 ° С. Для минимизации выбросов NO_x следует использовать горелки с пониженным выбросом NO_x. В этих горелках обеспечивается снижение температуры факела и за счет этого снижается выход термического NO_x и отчасти за счет содержащихся в топливе соединений азота. Снижение выбросов NO_x достигается за счет воздушной промывки для снижения температуры факела или пульсирующего режима работы горелок. Поступающий через горелку в печь воздух для горения (т.н. первичный воздух) разделяется на два потока - «завихряющий» и «осевой». Поток осевого воздуха перемещается практически параллельно оси горелки, а поток завихряющего воздуха имеет осевую и тангенциальные составляющие. Как осевой, так и завихряющие потоки необходимы для формирования формы факела и обеспечения его стабильности.

Горелки с пониженным NO_x конструируют таким образом, чтобы снизить количество первичного воздуха это приводит к снижению выбросов NO, для обычных многоканальных горелок характерно работать с 10 - 18 % первичного воздуха от суммарного воздуха для горения. Более высокое содержание первичного воздуха вызывает сокращение длины и повышение интенсивности факела вследствие раннего перемешивания горячего вторичного воздуха и топлива. В результате вдоль высокотемпературного факела формируется большое количество NO_x, образование которых можно избежать использованием горелок с пониженным выходом NO_x. При использовании различных видов горючих отходов очень важно хорошо согласовать конструкцию горелки с видом сжигаемого топлива, особенно это важно при изменении топлива и использовании жидких горючих отходов.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов NO_x

PROJECT DRAFT

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использовали в кольцевых шахтных печах горелки, обеспечивающие подачу 30-150 кг/ч топлива, атомизированного воздухом с давлением 6 бар. Помимо увеличения скорости воздуха для горения оптимизируется форма пламени.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости

Горелки с пониженным выходом NO_x можно использовать во вращающихся и приспособить к шахтным кольцевым печам, в которых поддерживаются специальные условия (высокая доля первичного воздуха). Простой перенос горелок с пониженным выходом NO_x из цементных в известеобжигательные печи невозможен вследствие того, что в цементных печах температура пламени выше и использование горелок с пониженным выходом NO_x было предложено для снижения начального высокого уровня термического NO_x. В большинстве известеобжигательных печей уровни NO_x ниже, и значение термического NO_x не столь актуально.

Конструкцию горелки необходимо согласовывать с видом топлива. Так как традиционные виды топлива и горючих отходов в регенеративных печах с параллельным потоком материала горят беспламенно, горелки с пониженным выходом NO_x в таких печах не используются.

Экономика

Стоимость установки горелок с пониженным выходом NO_x находится в пределах стоимости обычных горелок

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

5.2.14 Селективное некаталитическое восстановление оксидов азота (SNCR)

Описание

Селективное некаталитическое восстановление оксидов азота (SNCR) применяется для снижения выбросов NO_x

Техническое описание

Оксиды азота (NO и NO_2) удаляются из дымовых газов и превращаются в азот и воду в процессе селективного некаталитического восстановления (SNCR) введенных в атмосферы печи реагентов, в качестве которых обычно используют

ПРОЕКТ DRAFT

аммиак и мочевину. Взаимодействие протекает при температурах от 850 до 1020 ° С, наиболее типичным является интервал 900-920 ° С.

Для протекания реакции необходимо обеспечить тщательное перемешивание реагента и дымовых газов, оптимальную температуру впрыскивания реагента и необходимое время пребывания реакционной смеси при оптимальных температурах. Вследствие того, что в ходе процесса производства извести не легко обеспечить перечисленные условия, чтобы обеспечить гарантированный эффект восстановления необходимо вводить избыток реагента.

Однако слишком высокое соотношение NH_3/NO_x может вызвать нежелательные выбросы аммиака, так называемый «проскок аммиака». Вследствие того, что дымовые газы известеобжигательных печей обычно не используют, например, для сушки материалов, невозможно обеспечить поглощение или адсорбцию потока аммиака. По этой причине проскок аммиака может гораздо легче происходить в известеобжигательных печах, чем при других процессах.

Достигнутые экологические выгоды

Высокое соотношение NH_3/NO_x может вызвать выбросы аммиака (проскок аммиака). В зависимости от величины зоны впрыскивания известеобжигательной печи, необходимо использовать повышенное количество восстановителя для того, чтобы достичь заданного уровня снижения выбросов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Нет данных

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют

Технические соображения, касающиеся применимости

В длинных вращающихся печах практически невозможно использовать SNCR, так как зона оптимального температурного окна располагается во вращающейся части печи.

Экономика

Данные отсутствуют

Движущая сила внедрения

Требования законодательства

5.2.15 Снижение выбросов SO_2

Описание

ПРОЕКТ DRAFT

Снижение выбросов SO_2 из отходящих газов в процессе обжига печи путем применения организационно-технических мер, а также применение методов очистки отходящих газов

Техническое описание

Выбросы SO_2 имеют место главным образом во вращающихся печах, они связаны с наличием в топливе серы, конструкцией печей и допустимым содержанием серы в получаемой извести. Таким образом, выбор топлива с пониженным содержанием серы может ограничить выбросы SO_2 и таким образом можно производить известь, используя топливо с повышенным содержанием серы.

Для снижения выбросов SO_2 применяют абсорбенты, используемые в каскадных абсорберах со слоем насадки и в системах модульных абсорберов, и сухую очистку дымовых газов с помощью фильтров - электрофильтров или тканевых фильтров. Применение абсорбентов для снижения выбросов SO_2 хорошо освоено в других отраслях промышленности, но до настоящего времени не освоено во вращающихся известеобжигательных печах. Для применения во вращающихся печах можно рассматривать следующие технические решения:

- использование мелкого известняка: при эксплуатации питающейся доломитом вращающейся печи одного диаметра отмечено существенное снижение выбросов SO_2 при использовании питания, котором или повышенное содержание известняковой мелочи или склонного к разрушению при нагревании. Полученная при обжиге тонкодисперсного известняка известь взаимодействует с дымовыми газами и по пути удаляется в устройство для сбора пыли;
- вдувание извести в воздух для горения: в запатентованном техническом решении EP 0 734 755 A описывается снижение выбросов SO_2 из вращающейся печи путем подачи негашеной или гашеной извести в воздух со стороны горячего конца печи;
- вдувание абсорбента в отходящие газы.

Таким образом, для снижения концентрации SO_2 в газовых выбросах применяют:

- вдувание в поток газов абсорбента-гидратной извести или бикарбоната натрия
- для эффективного поглощения SO_2 обеспечивают достаточное время пребывания газа между точкой подачи поглотителя и устройством для сбора пыли (предпочтительно тканевого фильтра).

Достигнутые экологические выгоды

Отсутствуют данные

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Большинство известеобжигательных (регенеративные с параллельным потоком материала, шахтные кольцевые, шахтные пересыпные, печи другой конструкции и вращающиеся с запечным теплообменником) печей благодаря

ПРОЕКТ DRAFT

природной способности извести захватывать серу имеют выбросы SO_2, не превышающие 50 мг/нм^3.

Кросс-медиа эффекты
Дополнительные затраты на абсорбенты

Технические соображения, касающиеся применимости
Технологию ввода абсорбента для снижения выбросов можно в принципе применить в известковой промышленности.

Экономика
Отсутствуют данные

Движущая сила внедрения
Требования законодательства

5.2.16 Снижение выбросов CO и проскоки

Описание
Снижение выбросов CO путем использования сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества и топлива с низким отношением количества углерода и исключения проскоков CO_2 путем регулирования процесса горения, качества топлива и систем подачи топлива

Техническое описание
Подбор при возможности сырьевых материалов с пониженным содержанием органических материалов может также снизить выбросы CO. Однако выбор сырьевого материала зависит от типа печи и/или от вида производимой (например, гидратной) извести.
Регулирование выбросов CO
При повышении уровня CO в дымовых газах следует в целях безопасности отключить электрофильтры.

Достигнутые экологические выгоды
Снижение выбросов CO

Экологические показатели и эксплуатационные данные
Наличие выбросов CO может вызвать возгорание в электрофильтрах

Кросс-медиа эффекты
Выбросы пыли могут появиться из-за проскока CO

Технические соображения, касающиеся применимости

ПРОЕКТ DRAFT

Менеджмент регулирования выбросов CO в принципе применим к вращающимся печам.

Экономика
Отсутствуют данные

Движущая сила внедрения
Требования законодательства.

ПРОЕКТ DRAFT

6 ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СОДЕРЖАЩЕЕ ВЫВОДЫ ПО НДТ

6.1 Общие заключения по НДТ

НДТ, о которых идет речь в этой главе, должны применяться ко всем установкам, упоминаемым в данных заключениях по НДТ (производство цемента и извести).

Специфические технологии НДТ, включённые в разделы 6.1.2-6.1.3, применяются в дополнение к общим НДТ, указанным в этом разделе.

6.1.1 Система экологического менеджмента

НДТ 1. Внедрение системы экологического менеджмента.

Критерии оценки: Мероприятия по производству цемента

Описание: Для того чтобы улучшить общие экологические показатели заводов или установок по производству цемента и извести, производственные НДТ должны использовать и придерживаться системы экологического менеджмента (СЭМ), которая включает все перечисленные ниже характеристики:

i. ответственность и обязательства высшего руководства;

ii. принятие высшим руководством экологической политики, которая включает требование постоянного улучшения (экологической результативности) установки;

iii. планирование и внедрение необходимых процедур, целей и задач с учётом финансовых планов и инвестиций;

iv. внедрение процедур, с особым вниманиям к таким позициям, как:

(a) структура и распределение ответственности

(b) обучение, осведомленность и компетентность (персонала)

(c) коммуникации

(d) вовлечение в процесс развития СЭМ всех сотрудников

(e) документирование

(f) эффективный контроль технологических операций

(g) программа технического обслуживания

(h) готовности к нештатным ситуациям и авариям

(i) гарантии обязательного соблюдения требований природоохранного законодательства;

v. проверка и корректирующие действия, с особым вниманиям к таким позициям, как:

(a) мониторинг и измерения (см. также справочное руководство по общим принципам мониторинга)

(b) корректирующие и предупреждающие действия

(c) ведение записей

(d) независимый (где осуществимо) внутренний аудит, чтобы определить,

ПРОЕКТ DRAFT

соответствует ли СЭМ заложенным изначально принципам, должным ли образом она внедрена и функционирует;

vi. регулярный анализ и пересмотр СЭМ высшим руководством на предмет её пригодности, адекватности и действенности;

vii. разработка более чистых технологий;

viii. разработка рекомендаций по процедуре вывода из эксплуатации производств, заканчивающих свой жизненный цикл;

ix. сравнительный анализ на регулярной основе.

Применение

Область (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизированная или не стандартизированная), как правило, связан с характером, масштабом и сложностью производства, а также возможным масштабом экологического воздействия.

6.1.2 Шум

НДТ 2. Уменьшение источников шума

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические мероприятия

Описание: Для того чтобы снизить или минимизировать шум, имеющий место при производстве цемента и извести, НДТ предусматривают использование комбинацию следующих техник:

	Техника
а	Выбор подходящего места для шумных операций
б	Ограждение шумных операций/агрегатов
в	Виброизоляция производств/агрегатов
г	Использование внутренней и внешней изоляции на основе звукоизолирующих материалов
д	Звукоизоляция зданий для укрытия любых шумопроизводящих операций, включая оборудование для переработки материалов
е	Установка звукозащитных стен и/ или природных барьеров
ж	Применение глушителей на отводящих трубах
з	Звукоизоляция каналов и вентиляторов, находящихся в звукоизолированных
и	Закрытие дверей и окон в цехах и помещениях
к	Использование звукоизоляции машинных помещений
л	Использование звукоизоляции стенных проёмов, например, установка шлюза в месте ввода ленточного конвейера
м	Установление звукопоглотителей в местах выхода воздуха, например, на выпуске после газоочистки

DRAFT

Продолжение таблица 6.1

	Техника
н	Снижение скорости потоков в каналах
о	Использование звукоизоляции каналов
п	Сепарация шумовых источников и потенциально резонансных компонентов, например, компрессоров и каналов
р	Использование глушителей для дымососов и газодувок фильтров
с	Использование звукоизолирующих модулей в технических устройствах (например, компрессорах)
т	Использование резиновых щитов при дроблении (для предотвращения контакта металла с металлом)
у	Возведение построек или посадка деревьев и кустов между защитной полосой и шумным производством

6.2 Заключения по НДТ для цементной промышленности

Если не предписано иначе, заключения по НДТ, представленные в этом разделе, могут применяться ко всем установкам по производству цемента.

6.2.1 Общие основные техники

НДТ 3. Оптимизация процессов производства

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы снизить выбросы из обжиговой печи и повысить энергоэффективность, НДТ должны быть ориентированы на достижение ровного и стабильного режима обжига, максимально придерживаясь установленных параметров. Для этого рекомендуется использовать следующие техники:

	Техника
а	Оптимизация управления производственным процессом, включая компьютерный автоматизированный контроль
б	Использование современной весовой системы подачи твёрдого топлива

НДТ 4. Контроль используемого сырья

Критерии оценки: Управление и контроль производственного процесса выбора сырья, используемого для подачи в печь

Описание: Чтобы предотвратить и/или снизить выбросы, НДТ должны быть ориентированы на тщательный отбор и контроль всех поступающих в

обжиговую печь компонентов.

Тщательный отбор и контроль всех компонентов, поступающих в печь, может снизить объём выбросов. В процессе отбора следует принимать во внимание такие факторы, как химический состав всех компонентов и способ их поступления в печь. Эти компоненты должны включать хлор, металлы, серу, летучие органические соединения в сырьевых материалах, а также процедуры и методы, перечисленные в НДТ 11 и НДТ 24.

6.2.2 Мониторинг

НДТ 5. Мониторинг и измерение технологических процессов и выбросов в окружающую среду

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

В соответствии с НДТ должен осуществляться регулярный мониторинг и измерение параметров и выбросов, кроме того, следует проводить мониторинг выбросов в соответствии со стандартами РК, если же стандарты РК недоступны, то следует придерживаться стандартов ISO, национальных или иных международных стандартов, которые могли бы гарантировать соответствие данных научно обоснованным критериям, включая следующие:

	Техника	Применение
а	Непрерывные измерения параметров процесса, свидетельствующих о стабильности процесса, - таких как температура, содержание O_2, влажность и давление газа, разрежение и скорость потока	Общеприменимо
б	Мониторинг и стабилизация критических параметров процесса: однородность перемешиваемого сырья, подача топлива, постоянное дозирование, уровень избытка воздуха	Общеприменимо
в	Непрерывные замеры выбросов NH_3, когда используется техника селективного некаталитического восстановления (SNCR). В противном случае необходимо проведение периодического (один раз в год) мониторинга.	Применяется для процессов обжига
г	Непрерывные (для объектов I категории, стационарных источников, валовые выбросы	Применяется для процессов обжига

ПРОЕКТ DRAFT

	которых составляют 500 и более т/год) или периодические замеры выбросов пыли, NO_X , SO_2 и CO	
д	Периодические замеры выбросов ПХДД и ПХДФ (полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов) и металлов [1)]	Применяется для процессов обжига
е	Периодические замеры выбросов HCl, HF и ООУ/ЛОС	Применяется для процессов обжига
ж	Непрерывные (для объектов I категории, стационарных источников, валовые выбросы которых составляют 500 и более т/год) или периодические замеры выбросов пыли	Применяется для процесса обжига в печи и других операций [2)]

[1)] В целях обеспечения информации для регистра выбросов и переноса загрязнителей в частности для тяжелых металлов и стойких органических загрязняющих веществ (статья 22 Экологического кодекса РК [1]), а также для соблюдения статьи 402, п.3 Экологического кодекса РК [1], в соответствии с которым «Запрещается использование технологий для уничтожения стойких органических загрязнителей и хлорсодержащих отходов без комплексной очистки отходящих газов. Комплексная очистка отходящих газов должна обеспечивать содержание диоксинов и фуранов в очищенных отходящих газах в концентрациях не выше 0,1 нанограмма на кубический метр».

[2)] Для малых источников (<10 000 нм3/ч) процессов с образованием пыли, кроме охлаждения и основных процессов дробления, частота измерений или проверка технических характеристик должна быть основана на требованиях технологического регламента

Описание: Для контроля выбросов пыли, NO_X, SO_X и CO рекомендуется периодичность от одного раза в месяц до одного раза в год при нормальном режиме эксплуатации.

Для контроля выбросов ПХДД и ПХДФ, ООУ, HC1, HF и металлов периодичность определяется с учётом сырьевых материалов и топлива, используемых в производственном процессе. Рекомендуемая периодичность измерения – 1 раз в год.

Выбор между постоянными или периодическими замерами, о чём говорится в НДТ 5 (г), зависит от предполагаемого количества загрязняющего вещества, выделяемого в год.

6.2.3 Потребление энергии и выбор техники

6.2.3.1 Выбор техники

ПРОЕКТ

НДТ 6. Применение печей с многоступенчатым теплообменником и декарбонизатором

Критерии оценки: Технологические решения

Описание: Для того чтобы снизить потребление энергии, НДТ предусматривают использование печи, работающей по сухому способу с многоступенчатым теплообменником и декарбонизатором.

При этом типе системы обжига отработанные газы и тепло отходящих газов из зоны охлаждения могут быть использованы для подогрева и предварительного обжига сырья перед подачей в печь для обжига, что обеспечивает значительную экономию энергии.

Применение: Применяется на новых заводах и реконструируемых предприятиях, использующих влагосодержащее сырьё.

Экологическая эффективность: Уровни энергопотребления в соответствии с НДТ – см. таблицу 6.1

Таблица 6.1 - Уровни энергопотребления для новых и реконструируемых заводов, использующих печи, работающие по сухому способу, с многоступенчатым теплообменником и декарбонизатором в соответствии с НДТ

Процесс	Ед. изм.	Уровни энергопотребления в соответствии с НДТ[1)]
Сухой способ с многоступенчатым теплообменником и декарбонизатором	МДж/т клинкера	2900-3300 [2) 3) 4)]

[1)]Эти значения не применяются на заводах, производящих специальный цемент или белый цементный клинкер, где требуются значительно более высокие температуры в силу технических характеристик продукции.

[2)] При нормальных (за исключением пуска и остановки печи) и оптимальных технологических условиях.

[3)] Производственная мощность влияет на энергопотребление, большие мощности обеспечивают экономию энергии, а маломощные производства удельно затрачивают больше энергии. Энергопотребление зависит также от количества ступеней циклонного теплообменника, большее количество ступеней означает меньшее энергопотребление процесса обжига. Количество ступеней циклонного теплообменника определяется уровнем влажности сырья.

[4)] Согласно отчету КТА, печь для сухого процесса (введена в эксплуатацию в 2018 г.) компании “9” достигла среднего (2018 и 2019 гг.) потребления тепла 3250 МДж/т клинкера

6.2.3.2 Тепловая энергия

НДТ 7. Оптимизация процессов в части энергопотребления

Критерии оценки: Технологические решения,

Для того, чтобы снизить или минимизировать потребление тепловой

ПРОЕКТ DRAFT

энергии, согласно НДТ следует использовать в отдельности или в сочетании следующие техники:

	Техника	Применение
а	Применение улучшенных и оптимизированных систем обжига и плавного, стабильного процесса эксплуатации печи, в соответствии с установленными параметрами, в том числе: I. Оптимизация управления технологическим процессом, включая компьютерные системы автоматического контроля II. Современные весовые системы подачи твёрдого топлива III. Расширение теплообменника и декарбонизатора до такой степени, насколько позволяет конфигурация существующей печи	Общеприменимо. Для существующих печей применение подогрева и предварительного обжига зависит от конфигурации системы печи
б	Рекуперация избытка тепла из обжиговых печей, особенно из зоны охлаждения. В частности, избыток тепла из зоны охлаждения (горячий воздух) или из теплообменника может использоваться для сушки сырья	Общеприменимо в цементном производстве. Рекуперация избытка тепла из зоны охлаждения применяется в случае использования колосниковых холодильников. При использовании барабанных холодильников эффективность рекуперации ограничена.
в	Применение соответствующего числа циклонов теплообменника в зависимости от характеристик и свойств сырьевых материалов и используемого топлива	Циклоны теплообменника применимы на новых заводах и крупных модернизированных предприятиях.
г	Использование топлива с характеристиками, которые имеют положительный эффект для снижения энергопотребления	Техническое решение общеприменимо для цементных печей при условии наличия топлива и для существующих печей при условии наличия технических возможностей подачи топлива в печь.
д	При замене обычного топлива на топливо из отходов используются оптимизированные и специальные системы цементных печей для сжигания отходов	Общеприменимо для всех типов цементных печей.
е	Минимизация параллельных потоков	Общеприменимо для цементной промышленности

Описание: На потребление энергии в современных обжиговых печах влияют несколько факторов: характеристики сырьевых материалов (например, содержание влаги, обжигаемость), использование топлива с различными характеристиками, а также использование системы байпаса печных газов (обводного газохода). Кроме того, энергопотребление зависит от производственной мощности печи.

Техника 7в: число ступеней циклонного теплообменника определяется пропускной способностью и содержанием влаги в сырьевых материалах и топливе, которые нужно высушить остающимся теплом отходящих газов, так как местное сырьё очень разнообразно по содержанию влаги и обжигаемости.

Техника 7г: для производства цемента может быть использовано как традиционное топливо, так и альтернативное топливо (отходы). Технические характеристики использованного топлива, такие как соответствующая теплотворная способность и низкое содержание влаги, оказывают положительный эффект на удельный расход энергии в печи.

Техника 7д: удаление горячего сырьевого материала и горячих газов ведёт к повышению расхода удельной энергии - примерно 6-12 МДж/т клинкера на процентный пункт удаляемого печного входящего газа. Поэтому максимальное уменьшение использования байпаса печных газов имеет положительный эффект для снижения энергопотребления.

Применение: Техники 7г и 7д могут использоваться при наличии разрешительной документации РК.

НДТ 8. Сокращение содержания клинкера в цементе и цементных продуктах.

Критерии оценки: Управление и контроль производственного процесса, подбор наполнителей и добавок для производства цемента

Описание: Снижение содержания клинкера в цементе и цементных продуктах может быть достигнуто при помощи наполнителей и/или добавок, как, например, доменный шлак, известняк, зола-унос и пуццолановых добавок на стадии измельчения в соответствии со стандартами производства цемента.

Применение: Общеприменимо в производстве цемента при условии наличия (на месте производства) наполнителей и/или добавок и специфики местного рынка.

Экологический эффект: снижение выбросов парниковых газов (CO_2), вследствие снижения потребления первичного топлива при производстве цемента

НДТ 9. Оптимизация энергопотребления

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы сократить/минимизировать потребление электроэнергии, в соответствии с НДТ следует использовать одну или

ПРОЕКТ DRAFT

комбинацию следующих техник:

	Техники
а	Использование управления работой энергосистем
б	Использование помольного оборудования и другого электрооборудования с высокой энергоэффективностью
в	Использование более совершенных систем мониторинга
г	Снижение подсоса воздуха в систему
д	Оптимизация управления процессом

6.2.4 Использование отходов

6.2.4.1 Контроль качества отходов

НДТ 10. Использование вторичных ресурсов

Критерии оценки: Интегрированные технологии

Чтобы гарантировать качество отходов, которые используются как топливо и/или сырьевые материалы в цементных печах, и снизить уровень выбросов, согласно НДТ, следует использовать следующие технические решения:

	Техника
а	Использование системы контроля качества, чтобы гарантировать следующие характеристики отходов и проанализировать любой тип отходов, который будет использоваться в качестве сырьевого материала и/или топлива в цементной печи: I. Постоянный уровень качества; II. Физические критерии, например, способность к образованию выбросов, наличие грубых частиц, реакционная способность, обжигаемость, калорийность; Химические критерии, например, содержание хлора, серы, ООУ/ЛОС в сырьевых материалах, фосфатов и металлов
б	Контроль значимых количественных параметров для любого типа отходов, используемых в качестве сырьевого материала и/или топлива цементной печи: содержание хлора, значимых металлов (Cd, Hg и Tl,: As, Sb, Pb, Mn, Cr, Cu, Ni и V), серы, галогенов, ООУ/ЛОС
в	Использование системы контроля качества для каждого подаваемого в технологический процесс вида отходов

Описание: Различные типы отходов могут заменить основные сырьевые материалы и/или ископаемое топливо при производстве цемента, что будет способствовать экономии природных ресурсов.

Применение: Общеприменимо в производстве цемента при условии наличия разрешительной нормативной документации РК.

Экологический эффект: Снижения потенциального риска выбросов

6.2.4.2 Загрузка отходов в обжиговую печь

НДТ 11. Использование отходов как топлива

Критерии оценки: Интегрированные технологии

Описание: Для того чтобы обеспечить необходимую обработку отходов, используемых в качестве топлива и/или сырьевых материалов, согласно НДТ следует использовать следующие техники:

а	Использование соответствующих точек загрузки материалов в печь с целью обеспечения определённой температуры и времени пребывания материала в данной зоне, зависящих от конструкции и работы печи
б	Подача отходов, содержащих органические компоненты, которые могут улетучиться до зоны декарбонизации, в высокотемпературные зоны печной системы
в	Управление работой печи таким образом, чтобы газы от сжигания отходов находились в контролируемом, гомогенизированном виде при температуре 850 °C не менее 2 сек даже при наиболее неблагоприятных условиях
г	Температура должна быть поднята до 1100°C, если совместно сжигаются опасные отходы с содержанием более 1% галогенсодержащих органических веществ, например, хлор
д	Загружать отходы непрерывно и постоянно
е	Приостановить или прекратить совместное сжигание отходов при режиме розжига и охлаждения (пуска и остановки) печи, когда невозможно достичь соответствующей температуры, как указано выше в п.п. (а) - (г).

Применение: Общеприменимо в производстве цемента при условии наличия разрешительной нормативной документации РК.

Экологический эффект: Снижение потенциального риска выбросов.

6.2.4.3 Меры безопасности при использовании опасных отходов

НДТ 12. Безопасное обращение с отходами

Критерии оценки: Сопутствующие организационные мероприятия

Описание: НДТ должны предусматривать меры обеспечения безопасности при операциях с опасными отходами, например, при их складировании и/или подаче в печь - такие как учёт фактора риска в соответствии с источником и типом отходов, маркировка, взятие проб и выборочный контроль отходов, предназначенных для переработки.

Применение: Общеприменимо в производстве цемента при условии наличия разрешительной нормативной документации РК.

Экологический эффект: Снижение риска возникновения аварийных ситуаций и ненормативного выброса эмиссий.

6.2.5 Выбросы пыли

6.2.5.1 Неорганизованные (диффузные) выбросы пыли

НДТ 13. Оптимизация процессов производства

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы минимизировать или предотвратить неорганизованные выбросы при операциях с образованием пыли, НДТ предусматривают использование одну или несколько следующих техник:

	Техника	Применение
а	Использование простой и линейной компоновки технологического оборудования	Применяется только для новых заводах
б	Изолировать/герметизировать пыльные операции, такие как помол, рассев и перемешивание	Общеприменимо
в	Предусмотреть укрытие конвейеров и грузоподъёмников, которые по своей конструкции относятся к закрытым системам, если есть вероятность неорганизованных выбросов от пыльных материалов при транспортировке	
г	Снизить уровень подсоса воздуха или просыпания материала, герметизация установок	
д	Использование автоматических устройств и систем контроля	
е	Обеспечить безаварийную эксплуатацию	
ж	Использовать передвижные и стационарные пылеулавливающие устройства для надёжной и полной очистки - Во время технического обслуживания или в случае аварийной ситуации на транспортере может произойти рассыпание материала. Чтобы избежать выбросов пыли во время уборки этого материала, следует использовать аспирационные системы пылеочистки. Новые корпуса могут быть оборудованы стационарными вакуумными системами пылеочистки, в то время как на существующих установках лучше использовать передвижные аспирационные системы пылеочистки в связи с простотой их адаптации к условиям производства - В особых случаях замкнутая система является лучшим решением для пневматической транспортировки	
з	Осуществлять вентиляцию и собирать пыль следует с	Общеприменимо

DRAFT

	использованием рукавных фильтров: - Насколько это возможно, все операции с материалами следует проводить в закрытых системах под разрежением. Аспирационный воздух обеспыливается рукавным фильтром перед его выбросом в атмосферу	
и	Использование закрытых складов с автоматической системой перемещения материала: - Клинкерный силос и закрытый полностью автоматизированный склад сырьевых материалов являются наилучшим решением проблемы неорганизованных выбросов пыли, образующейся при хранении больших объёмов. Такие типы складов оборудованы одним или несколькими рукавными фильтрами, препятствующими пылению при погрузочно-разгрузочных операциях; - Во время загрузочных операций следует использовать силоса соответствующего объёма, оснащённых индикаторами уровня загрузки, выключателями и фильтрами, предотвращающими распространение запылённого воздуха	
к	Использование гибких шлангов и рукавов, снабжённых системой улавливания пыли, при погрузке цемента в цементовоз	

Применение: Общеприменимо в производстве цемента.

Экологический эффект: Минимизация и/или предотвращение неорганизованных выбросов пыли.

НДТ 14. Оптимизация процессов производства участков хранения

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы минимизировать/предотвратить неорганизованные выбросы пыли с участка хранения сыпучих материалов, НДТ предусматривают одну или несколько следующих техник:

	Техника
а	Участки, где размещены сырьевые материалы или топливо на открытом воздухе, штабели и площадки навального хранения должны быть закрыты или укрыты с помощью различных перегородок, покрытий, разделены стенами или оградами, состоящими из вертикальных зелёных растений (искусственные или естественные барьеры для защиты от ветра)
б	Использовать защиту для хранящихся в открытых штабелях материалов: - Следует избегать хранения на открытых площадках пыльных материалов, но если это все же имеет место, можно снизить пыление, используя правильно сконструированные противоветровые барьеры

ПРОЕКТ

в	Использование водного опрыскивания и химических веществ, подавляющих пыление: - в том случае, когда источник пыли локализован, применяют установки водного орошения. Увлажнение частиц пыли облегчает их агломерацию и тем самым улучшает пылеосаждение. Существует множество агентов, которые также помогают увеличить эффективность водного опрыскивания.
г	Использование дорожного покрытия, мытьё дорог и их уборка: - Территории, по которой ездят грузовики, по возможности должны иметь дорожное покрытие, поверхность которого должна быть чистой, насколько это возможно. Увлажнение дорог может снизить неорганизованные выбросы пыли, особенно в сухую погоду. Их также можно подметать дорожными машинами. Хорошая уборка и очистка дорог обеспечивают минимальный уровень пыления.
д	Увлажнение хранящихся в штабелях материалов: - Неорганизованные выбросы пыли могут быть снижены посредством достаточного увлажнения точек выгрузки и загрузки и использования ленточного конвейера с регулируемой высотой.
е	Если невозможно избежать неорганизованных выбросов пыли на точках выгрузки и загрузки хранящихся материалов, то их можно снизить при регулировании уровня разгрузки в соответствии с высотой штабеля автоматически, если это возможно, либо путём снижения скорости разгрузки.

Применение: Общепримениимо при производстве цемента.

Экологический эффект: Минимизация и/или предотвращение неорганизованных выбросов пыли.

6.2.5.2 Организованные выбросы при операциях с образованием пыли

В этом разделе идёт речь о выбросах, происходящих при операциях с образованием пыли, кроме обжига в печах, охлаждения и основных процессов помола. Сюда относятся такие процессы, как дробление сырьевых материалов, транспортировка и подача, хранение сырьевых материалов, клинкера и цемента, хранение топлива и отгрузка цемента.

НДТ 15. Применение рукавных фильтров

Критерии оценки: Технология «на конце трубы»

Описание: Для того чтобы снизить организованные выбросы пыли, согласно НДТ следует использовать технологический регламент, разработанный непосредственно для фильтров, используемых для операций с образованием пыли, кроме обжига в печи, охлаждения и основного процесса помола. Требования технологического регламента должны включать сухую очистку отходящих газов на фильтрах.

Для операций с образованием пыли очистка отходящих газов обычно осуществляется рукавным фильтром.

ПРОЕКТ DRAFT

Экологический эффект: Уровни выбросов в соответствии с НДТ

Средняя величина уровня выбросов за период отбора (точечный замер, по крайней мере, в течение получаса), соответствующая НДТ для организованных выбросов пыли, образующейся при операциях с образованием пыли (кроме обжига в печи, охлаждения и основного процесса помола), должна быть меньше 30 мг/нм^3.

Следует отметить, что для малых источников (меньше 10 000 м^3/ч) в первую очередь учитывать условия технического обслуживания и регулярность контрольной проверки фильтра (см. также НДТ 5).

6.2.5.3 Выбросы пыли при обжиге

НДТ 16. Применение фильтров при обжиге

Критерии оценки: Технология «на конце трубы»

Описание: Чтобы снизить выбросы пыли с дымовыми газами в процессе обжига НДТ предписывают сухую очистку дымовых газов с помощью фильтра

	Техника[1)]	Применение
а	Электрофильтры	Применяется для всех систем печей
б	Рукавные фильтры	
в	Гибридные фильтры	

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.2.

В ЕС пороговые уровни (BREF. 2013) для выбросов пыли из отходящих газов в процессах обжига печи составляет <10-20 мг/м^3, среднесуточное значение. При применении рукавных фильтров или новых или модернизированных электрофильтров достигается более низкий уровень выбросов.

Таблица 6.2 - Уровни выбросов пыли из с отходящими печными газами, соответствующие НДТ, при производстве цемента

Тип технологической линии	Единица измерения	Соответствующая НДТ среднесуточная величина выбросов [1,2)]
Для проектируемых технологических линий	мг/нм^3	< 20
Для технологических линий сухого способа производства: - при использовании рукавных фильтров или новых усовершенствованных электрофильтров		< 20

ПРОЕКТ DRAFT

- при использовании электрофильтров		<20
Для технологических линий мокрого способа производства		< 20 [3)]

[1)] как среднеарифметическое за время проведения замеров (для периодических измерений) и среднесуточного (для непрерывных измерений) при стандартных условиях температуры и давления, сухого газа и 10% кислорода);
[2)] замеры осуществляются согласно графику производственного экологического контроля на основании норм, установленных в нормативных документах
[3)] В случае если данный показатель труднодостижим, каждое отдельное предприятие согласовывает с уполномоченным органом программу повышения экологической эффективности с достижением данного уровня пыли [1]

6.2.5.4 Выбросы пыли в процессах охлаждения и помола

НДТ 17. Применение фильтров в процессах охлаждения и помола

Критерии оценки: Технология «на конце трубы»

Описание: Чтобы снизить выбросы пыли из дымовых газов, образующихся в процессах охлаждения и помола, НДТ предусматривают использование сухой очистки дымовых газов с помощью фильтра:

	Техника[1)]	Применение
a	Электрофильтры	Общеприменимо для клинкерных холодильников и цементных мельниц
b	Рукавные фильтры	Общеприменимо для клинкерных холодильников и мельниц
c	Гибридные фильтры	Применимо для клинкерных холодильников и цементных мельниц

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ

Среднесуточная величина или средняя за период выборки (точечный замер, по крайней мере, в течение получаса), соответствующая НДТ, для выбросов пыли с отходящими газами, образующимися в процессах охлаждения и помола, должна быть меньше 30-50 мг/нм^3. В случае применения рукавных фильтров или новых или усовершенствованных электрофильтров достигается более низкий уровень значений.

6.2.6 Газообразные выбросы

6.2.6.1 Выбросы NO_x

НДТ 18. Техники снижения выбросов NO_x

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические

мероприятия

Описание: Чтобы снизить выбросы $_{NOX}$ с отходящими печными газами/ теплообменника/ декарбонизатора, НДТ предусматривают использование одной или несколько следующих техник:

	Техника [1)]	Применение
	Основные техники	
а	I. Охлаждение зоны горения	Применяется для всех типов печей, используемых в цементном производстве. Степень применимости может быть ограничена требованиями к уровню качества продукта и потенциальными воздействиями на стабильность процесса
	II. Горелки с низким выходом оксидов азота	Применяется во всех вращающихся печах, в основной печи, а также в декарбонизаторе
	III. Внутрипечное горение	Общеприменимо для длинных вращающихся печей
	IV. Добавление минерализаторов, чтобы улучшить спекаемость сырьевой смеси (минерализованный клинкер).	Общеприменимо для вращающихся печей при условии соответствия требованиям качества конечного продукта
	V. Оптимизация процесса	Общеприменимо для всех печей
б	Ступенчатое сжигание (традиционное топливо или горючие отходы), также в сочетании с декарбонизацией и использованием оптимизированной топливной смеси	Как правило, может быть использовано только в печах, оборудованных декарбонизатором. Требуются существенные модификации для систем циклонного теплообменника без декарбонизатора. В печах без декарбонизатора сжигание кускового топлива могло бы иметь положительный эффект в плане снижения уровня NO_x в зависимости от способности создавать регулируемое снижение атмосферного давления и контролировать образующиеся при этом выбросы CO
в	Селективное некаталитическое восстановление (SNCR)	В принципе может быть использовано во вращающихся цементных печах. Зоны впрыска могут быть различные в зависимости от типа процесса в печи. В длинных печах, работающих по мокрому и сухому способу, могут быть сложности с достижением требуемой

ПРОЕКТ DRAFT

		температуры и времени обработки материала в печи. См. также НДТ 19
г	Селективное каталитическое восстановление (SCR)	Применимость зависит от необходимого каталитического и технологического усовершенствования применительно к цементной промышленности
[1)] Описание техник дано в Главе 4.1.5		

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.3.

Таблица 6.3 - Уровни выбросов NO_x, соответствующие НДТ, с отходящими печными газами/ теплообменника/ декарбонизатора при производстве цемента

Тип печи	Единица измерения и условия [1)]	Соответствующая НДТ среднесуточная величина выбросов
Для проектируемых технологических линий	мг NO_x/нм^3 отходящих газов при стандартных условиях [1)]	<400
Печи с циклонными теплообменниками		< 400
Длинные вращающиеся печи мокрого способа производства		< 800

[1)] температура 273 K, давление 101,3 кПа, наличии сухого газа и содержание эталонного кислорода 10 %. NO_x выражается в эквиваленте NO_2

НДТ 19. Техники снижения выбросов NH_3

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические мероприятия

Описание: NH_3. Применение техники SNCR обеспечивает значительное снижение выбросов NO_X, удерживая при этом проскок аммиака на максимально низком уровне и обеспечивая использование следующих технических решений:

а	Эффективное снижение NO_x наряду с поддержанием стабильного технологического процесса
б	Хорошее стехиометрическое распределение аммиака для достижения наиболее эффективного снижения NO_x и уменьшения проскока NH_3

ПРОЕКТ DRAFT

в	Поддержание выбросов и проскоков NH_3 (из-за непрореагировавшего аммиака) с отходящими газами на минимально возможном уровне, учитывая при этом корреляцию между эффективностью снижения выбросов NO_x и проскоками NH_3. В противном случае необходимо проведение периодического (один раз в год) мониторинга.

Применение: Техника SNCR обычно применяется для вращающихся печей. Зоны впрыска могут различаться в зависимости от типа процесса. В длинных печах, работающих по мокрому и сухому способам, бывает трудно достичь необходимой температуры и времени обработки материала в печи. См. также НДТ 18.

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.4.

Таблица 6.4 - Уровни проскока NH_3, соответствующие НДТ, из отходящих из печи/ теплообменника/ декарбонизатора газах при использовании селективного некаталитического восстановления (SNCR)

Параметр	Единица измерения	Соответствующая НДТ, среднесуточная величина выбросов при использовании SNCR
Проскок NH_3	мг NH_3/нм^3 при стандартных условиях и 10% O_2	< 30 - 50 [1)]
[1)] Проскок аммиака зависит от начального уровня NO_X и эффективности снижения NO_X. Также уровень выбросов NH_3 зависит во всех типах печей от «базовых" выбросов NH_3 без использования SNCR (вклад NH_3 из сырья).		

6.2.6.2 Выбросы SO_2

НДТ 20. Применение абсорбента и мокрого скруббера

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические мероприятия

Чтобы снизить до минимума выбросы SO_2 с отходящими печными газами/ теплообменника/ декарбонизатора, НДТ предусматривают использование одного из следующих технических решений:

	Техника	Применение
а	Добавка абсорбента	Добавка абсорбента в принципе используется во всех печных системах, хотя в наибольшей степени используется в запечном циклонном теплообменнике. Добавка извести снижает качество гранул сырьевого материала и создает проблему прохождения потока в печах Леполь. Установлено, что для печей с

PROJECT DRAFT

		теплообменником непосредственное введение гашёной извести в отходящий газ менее эффективно, чем подмешивание гашёной извести к подаваемому в печь материалу.
б	Использование мокрого скруббера	Применяется во всех типах цементных печей с соответствующим (достаточным) уровнем SO_2 для производства гипса
Описание техник дано в Разделе 4.1.4		

Описание: В зависимости от сырьевых материалов и качества топлива уровни выбросов SO_X могут быть невысокими и не требовать снижения.

В случае необходимости могут быть использованы основные техники и/или способы снижения уровня выбросов SO_X, такие как добавка абсорбента или очистка газов в мокром скруббере.

Мокрый скруббер используется на заводах с начальным уровнем выбросов SO_X выше 800-1000 мг/м^3.

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.5.

Таблица 6.5. Уровни выбросов SO_X, соответствующие НДТ, с отходящими печными газами/ теплообменника/ декарбонизатора при производстве цемента

Параметр	Единица измерения	Соответствующая НДТ[1)2)], среднесуточная величина выбросов
SO_2	мг SO_2/нм^3 отходящих газов при стандартных условиях (при температуре 273 K, давлении 101,3 кПа и наличии сухого газа) и содержании эталонного кислорода 10%	<400

[1)]Диапазон принимается с учётом низкого и среднего уровней содержания серы в сырьевых материалах.

[2)] Для производства белого цемента и специального цементного клинкера, способность клинкера удерживать топливную серу могла быть значительно ниже, что привело бы к более высокому уровню выбросов SO_x.

В дополнение к второстепенным мерам по сокращению выбросов SO_2, указанным в НДТ 20, и к основной мере, заключающейся в отказе от использования сырья с высоким содержанием сульфидов, оптимизация процесса измельчения сырья может снизить выбросы SO_2.

Техника представляет собой оптимизацию процесса помола сырьевого материала таким образом, чтобы работа сырьевой мельницы обеспечивала

ПРОЕКТ DRAFT

снижение содержания SO_2 в печи. Это может быть достигнуто за счёт следующих мероприятий:

- увлажнение сырьевого материала;
- температура в мельнице;
- время нахождения материала в мельнице;
- тонкий помол.

Применяется, если процесс сухого помола используется как часть общего процесса.

Тем не менее, как правило, в промышленных операциях не слишком много возможностей для регулировки большинства параметров (влажность, температура, время удерживания и т. д.) И для поддержания выбросов SO_2 на низком уровне, сырьевая мельница должна, по возможности, работать в комбинированном режиме. В прямом режиме выбросы SO_2 обычно резко возрастают. Время простоя сырьевой мельницы зависит, среди других параметров, от времени, необходимого для технического обслуживания, емкости хранения сырьевой муки и уровня производительности печи по сравнению с производительностью сырьевой мельницы.

6.2.6.3 Выбросы CO и проскоки CO

6.2.6.3.1 Снижение проскоков CO

НДТ 21. Снижение проскоков CO

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические мероприятия

Для того чтобы минимизировать частоту проскоков CO и поддерживать их общую длительность на уровне менее 30 мин. в год при использовании электрофильтров или гибридных фильтров, НДТ предусматривают использование следующих техник:

	Техника
а	Предотвращение проскоков CO, чтобы уменьшить время простоя
б	Непрерывные автоматические измерения CO посредством использования оборудования для мониторинга с коротким временем отклика, расположенного близко к источнику CO

Описание: В целях безопасности и во избежание риска взрыва электрофильтры должны отключаться в момент повышения уровня CO в отходящих газах. Следующие техники используются для предотвращения проскоков CO и сокращения, таким образом, времени отключения:

- регулирование процесса горения;
- регулирование нагрузки по органическим веществам на сырьевые

ПРОЕКТ DRAFT

материалы;

- регулирование качества топлива и системы подачи топлива.

Сбои случаются в основном при розжиге печи. Для безопасности газоанализаторы электрофильтров должны быть постоянно во включенном состоянии и время отклика должно быть сокращено за счёт использования имеющейся резервной системы мониторинга.

Система постоянного контроля CO должна быть оптимизирована с учётом времени отклика и должна находиться близко к источнику CO, например, у выходного отверстия теплообменника или загрузочного отверстия печи, если используется печь, работающая по мокрому способу.

Если используются гибридные фильтры, то рекомендуется заземление поддерживающей клети при помощи ячеистого диска.

6.2.6.3.2 Выбросы органических углеводородов (ООУ/ЛОС)

НДТ 22. Использование сырья с низким содержанием летучих органических соединений

Критерии оценки: Выбор сырья

Описание: Чтобы снизить выбросы общего органического углерода (ООУ) с отходящими печными газами на низком уровне, следует не допускать загрузки печи сырьевыми материалами с содержанием высокого уровня летучих органических соединений (ЛОС).

6.2.6.4 Выбросы полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов (ПХДД и ПХДФ)

НДТ 23. Использование сырья с низким содержанием летучих органических соединений, соединений хлора и меди

Критерии оценки: Выбор сырья

Описание: Для предотвращения выбросов полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов или поддержания этих выбросы в отходящих печных газов низкими, следует применять отдельно или совместно следующие техники:

	Техники	Применимость
а	Тщательный выбор и контроль материалов, подаваемых в печь (сырья), на содержание хлора, меди и летучих органических соединений	общеприменимо
б	Тщательный выбор и контроль топлива для обжига клинкера на содержание хлора и меди	общеприменимо
в	Ограничение / отказ от использования отходов, в которых имеются хлорсодержащие органические материалы	общеприменимо

PROJECT DRAFT

г	Прекращение подачи топлива с высоким содержанием галогенов (например, хлора) при вторичном сжигании	общеприменимо
д	Быстрое охлаждение дымовых газов печи до температуры ниже 200 ºС и минимизация времени пребывания дымовых газов и содержания кислорода в зоне с температурой от 300 до 450 ° С	Применимо для длинных печей мокрого способа и длинных печей сухого способа без циклонных теплообменников. В современных печах с циклонными теплообменниками и декарбонизатором эта функция уже присуща
е	Прекращение сжигания отходов при розжиге и охлаждении (пуске и остановке) печи	общеприменимо

Экологический эффект: В случае применения указанных выше НДТ могут быть достигнуты уровни выбросов ПХДД и ПХДФ < 0,05 - 0,1 нг I-TEQ/нм^3 (международный эквивалент токсичности, средний показатель за период отбора проб 6-8 час).

6.2.6.5 Выбросы металлов

НДТ 24. Использование сырья с низким содержанием металлов

Критерии оценки: Выбор сырья, Технология «на конце трубы»,

Описание: Для минимизации выбросов металлов из отходящих печных газов необходимо предусмотреть использование одной или несколько следующих техник:

	Техники
а	Выбор материалов с низким содержанием соответствующих металлов и ограничение содержания соответствующих металлов в материалах, особенно ртути.
б	Использование системы обеспечения качества, гарантирующей требуемые характеристики используемых отходов
в	Использование эффективных техник по улавливанию пыли (из печной системы)

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.6.

Таблица 6.6 - Уровни выбросов металлов из печей в цементной промышленности при использовании НДТ

Металл	Размерность	Уровни выбросов, связанные с НДТ (средние за период отбора проб (точечные измерения, по крайней мере, в течение одного часа)
Hg	мг металла/нм3 выхлопных газов при стандартных условиях (относится к температуре 273 K, давлению 1013 гПа и сухому газу) и эталонному кислороду 10%	< 0,05
Σ (Cd, Tl)		< 0,05
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mg, Ni, V)		< 0,5

6.2.6.6 Снижение выбросов газообразных хлоридов и фторидов HCl и HF

НДТ 25. Снижение выбросов газообразных хлоридов и фторидов

Критерии оценки: Выбор сырья, Технология «на конце трубы»,

Описание: Для снижение или предотвращение выбросов HCl и HF из цементных печей путем следует применять одну или нескольких из следующих техник:

	Техника/ оборудование	Применимость
а	Использование сырьевых материалов и топлива с низким содержанием хлора и фтора	Для всех предприятий
б	Ограничение содержания хлора и фтора в любых отходах, которые будут использоваться в качестве сырья или топлива в печи	Для всех предприятий
в	Использование систем байпаса печных газов	Для заводов сухого способа производства
г	Использование эффективных технических решений по улавливанию пыли в системе байпаса печных газов	Для заводов сухого способа производства

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.7.

Таблица 6.7. Уровни выбросов HCl и HF, соответствующие НДТ

Уровень выбросов	Единица измерения	Значение (диапазон)
HCl HF	мг/нм^3 выхлопных газов при стандартных условиях (относится к температуре 273 K, давлению 1013 гПа и сухому газу) и эталонному кислороду 10%	< 10 [1)] < 1,0 [1)]
1) Среднее значение за весь период наблюдений путем замеров с периодичностью не менее 30 минут 1 раз в год 2) Техники должны применяться только в том случае, если в качестве топлива и /		

ПРОЕКТ DRAFT

или сырья используются отходы

6.2.7 Технологические потери/отходы

НДТ 26. Вторичное использование отходов

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы снизить производственные потери в виде пыли при производстве цемента, наряду с экономией сырьевых материалов используются следующие техники:

	Техники	Применение
а	Утилизация уловленной пыли, где это целесообразно	Общеприменимо, но в зависимости от химического состава
б	Утилизация уловленной пыли в других производственных	Может осуществляться и на других предприятиях

Описание: Уловленная пыль может быть возвращена обратно в технологический процесс, если это целесообразно. Такая переработка может быть осуществлена непосредственно в самой печи или при загрузке (в этом случае лимитирующим фактором является концентрация щелочных металлов), или при смешивании с цементом. Процедура контроля качества может потребоваться, если собранные пылеобразные вещества возвращаются обратно в технологический процесс. Альтернативные способы могут быть использованы для тех материалов, которые нельзя возвращать в процесс (например, добавка для десульфуризации отходящих газов на мусоросжигательных заводах).

Экологический эффект: Уменьшение объёмов размещения отходов.

6.3 Заключения по НДТ для производства извести

В отсутствие других подходов заключения по НДТ, представленные в этом разделе, могут применяться ко всем установкам по производству извести.

6.3.1 Основные технические решения

НДТ 27. Оптимизация процессов производства

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы снизить все выбросы из печи и повысить энергоэффективность, должны использоваться техники, направленные на достижение ровного и стабильного процесса в печи, необходимо использовать параметры, максимально близкие к принятым в результате использования следующих технологий:

ПРОЕКТ

	Техническое решение
а	Оптимизация управления производственным процессом, включая компьютерное автоматическое управление
б	Использование современной весовой системы подачи твёрдого топлива и/или приборы учёта расхода газа

Применение: Оптимизация управления производственным процессом применяется в разной степени на всех заводах по производству извести. Полная автоматизация процесса, как правило, невозможна в силу изменчивости состава известняка.

НДТ 28. Контроль используемого сырья

Критерии оценки: Управление и контроль производственного процесса выбора сырья, используемого для подачи в печь

Чтобы предотвратить и/или снизить выбросы, следует осуществлять тщательный отбор и контроль сырьевых материалов, которые поступают в печь.

Описание: Сырьевые материалы, поступающие в печь, оказывают значительное воздействие на выбросы в атмосферу в силу содержания примесей; поэтому тщательный отбор сырьевых материалов помогает снизить эти выбросы. Например, изменение содержания серы и хлора в известняке/доломите влияет на уровень концентрации SO_2 и HCl в отходящих газов, в то время как присутствие органических веществ влияет на выбросы ООУ и CO.

Применение: Применение зависит от наличия (местных) сырьевых материалов с низким содержанием примесей. Тип конечного продукта и тип используемой печи может стать дополнительным ограничением.

6.3.2 Мониторинг

НДТ 29. Мониторинг и измерение технологических процессов и выбросов в окружающую среду

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

В соответствии с НДТ должен постоянно осуществляться мониторинг выбросов и контроль параметров технологического процесса и выбросов, а также контроль выбросов согласно существующим национальным стандартам РК; если же стандарты РК применить невозможно, то применяются ISO, национальные и международные стандарты, которые гарантируют соответствие данных научно обоснованным критериям, включая следующие:

	Техника	Применение
а	Постоянный замер параметров процесса, свидетельствующих о стабильности процесса, таких как	Применяется для процессов обжига

ПРОЕКТ DRAFT

	температура, содержание кислорода, давление, скорость потока и выбросы CO	
б	Мониторинг и стабилизация основных параметров процесса, например, подача топлива, постоянный уровень дозировки, избыточный кислород	Применяется для процессов обжига
в	Непрерывные или периодические замеры выбросов пыли, NO_X, SO_X, CO, а также NH_3, если используется SNCR	Применяется для процессов обжига
г	Непрерывные или периодические замеры выбросов HCl и HF в случае попутного сжигания отходов	Применяется для процессов обжига
д	Периодические замеры выбросов ООУ или непрерывные замеры в случае попутного сжигания отходов	Применяется для процессов обжига
е	Периодические замеры выбросов ПХДД / ПХДФ и металлов	Применяется для процессов обжига
ж	Непрерывные или периодические замеры выбросов пыли	Применяется для процессов, не связанных с обжигом в печи. Для малых источников (< 10 тыс. $м^3$/ч) частота замеров должна быть основана на требованиях технического регламента

Описание: Для контроля выбросов пыли, NO_x, SO_X и CO рекомендуется периодичность от одного раза в месяц до одного раза в год при нормальном режиме эксплуатации.

Для контроля выбросов ПХДД и ПХДФ, ООУ, HC1, HF и металлов периодичность определяется с учётом сырьевых материалов и топлива, используемых в производственном процессе. Рекомендуемая периодичность измерения – 1 раз в год.

Применение: Техники 29г, 29д и 29е могут применяться при использовании соответствующих видов отходов и наличии разрешительной документации РК.

6.3.3 Потребление энергии

НДТ 30. Оптимизация процессов в части потребления тепловой энергии

Критерии оценки: Технологические решения, Выбор сырья

Для сокращения потребления тепловой энергии НДТ предусматривают использование одной или нескольких следующих техник:

ПРОЕКТ DRAFT

	Техника	Описание	Применение
а	Применение улучшенных и оптимизированных систем управления печью, ровного и стабильного процесса обжига, соблюдение параметров, близких к нормативным посредством следующих мер: I. Оптимизация управления процессом II. Регенерация тепла отходящих газов (например, использование избыточного тепла из вращающихся печей для сушки известняка, используемого в других процессах, например, размалывание известняка) III. Современные весовые системы подачи твёрдого топлива IV. Обслуживание оборудования (например, герметичность, эрозия огнеупорных материалов) V. Использование оптимального размера помола	Соблюдение параметров управления техническим процессом обжига, близких к оптимальным значениям, равнозначно сокращению всех расходных показателей, благодаря, в том числе, снижению количества остановок и сбоев. Использование оптимального размера помола при условии доступности сырьевых материалов	Техника (а) II применяется только к длинным вращающимся печам
б	Использование таких видов топлива, которые могут оказать положительный эффект на потребление тепловой энергии	Характеристики топлива, например, высокая теплота сгорания и низкое содержание влаги могут оказать положительный эффект на потребление тепловой энергии	Применение зависит от технической возможности загружать конкретное топливо в печь и от доступности подходящего топлива (например, высокая теплота сгорания и низкое содержание влаги)
в	Ограничение избытка воздуха	Снижение избытка воздуха, используемого для горения, оказывает непосредственное влияние на расход топлива, так как повышенная подача воздуха требует	Применяется к LRK и PRK в рамках потенциального перегрева некоторых зон печи с последующим снижением срока службы огнеупоров

PROJEKT DRAFT

		большего количества тепловой энергии для нагревания дополнительного объёма. Только в длинных вращающихся печах (LRK) и вращающихся печах с теплообменником (PRK) ограничение избытка воздуха оказывает влияние на потребление тепловой энергии. Это техническое решение потенциально способно увеличить выбросы ООУ и CO	

Уровни потребления тепловой энергии, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.8.

Таблица 6.8. Уровни потребления тепловой энергии при производстве извести и доломитовой извести, соответствующие НДТ

Тип печи	Потребление тепловой энергии [1)] ГДж/т продукта
Длинные вращающиеся печи (LRK)	6,0 - 9,2
Вращающиеся печи с теплообменником (PRK)	5,1-7,8
Прямоточные регенеративные обжиговые печи	3,2-4,2
Кольцевые шахтные печи (ASK)	3,3 -4,9
Пересыпные обжиговые печи (MFSK)	3,4-4,7
Другие печи (OK)	3,5-7,0

[1)] Потребление энергии зависит от типа продукта, качества продукта, условий процесса и сырьевых материалов

НДТ 31. Оптимизация процессов в части энергопотребления

Критерии оценки: Технологические решения,

Чтобы минимизировать потребление электроэнергии, НДТ предусматривают использование одной или нескольких следующих техник:

	Техника
a	Использование системы управления энергоснабжением

ПРОЕКТ DRAFT

б	Использование оптимального гранулометрического состава известняка
в	Использование помольного и другого оборудования с электрическим приводом, обеспечивающего высокую энергоэффективность

Описание: техническое решение (б)

Вертикальные печи обычно используются для обжига крупнозернистого известняка. Однако вращающиеся печи с высоким энергопотреблением могут использовать мелкие фракции, а новые вертикальные печи - мелкие гранулы от 10 мм. Более крупные гранулы чаще используются в вертикальных печах, чем во вращающихся.

6.3.4 Расход известняка

НДТ 32. Минимизация расхода известняка

Критерии оценки: Технологические решения, Выбор сырья

Чтобы минимизировать расход известняка, НДТ предусматривают использование одной или нескольких следующих техник:

	Техника	Применение
а	Специальная система добычи и дробления известняка с учётом его гранулометрии и качества	Общеприменимо при производстве извести; однако технология зависит от качества известняка
б	Подбор печей, обеспечивающих использование известняка с широким диапазоном гранулометрии позволяет более полно использовать добытый известняк	Применяется на новых заводах и на крупных модернизированных печах. Вертикальные печи могут в принципе обжигать только крупнозернистый известняк. Прямоточные регенеративные обжиговые печи и/или вращающиеся печи могут работать и с мелкозернистым известняком

6.3.5 Выбор топлива

НДТ 33. Тщательный отбор и контроль топлива, поступающего в печь

Критерии оценки: Технологические решения, Выбор сырья

Чтобы предотвратить/снизить выбросы, следует осуществлять тщательный отбор и контроль топлива, поступающего в печь, согласно НДТ.

Описание: Топливо, поступающее в печь, может оказывать серьезное воздействие на выбросы в атмосферу из-за присутствия примесей. Содержание серы (в частности, для длинных вращающихся печей), азота и хлора оказывают воздействие на уровень содержания SO_X, NO_X и HC1 в отходящих газах. В зависимости от химического состава топлива и типа печи выбор соответствующего топлива или топливной смеси может привести к снижению

ПРОЕКТ DRAFT

выбросов.

Применение: За исключением пересыпных обжиговых шахтных печей все типы печей могут работать на любом виде топлива и топливных смесей в зависимости от наличия конкретного топлива. Выбор топлива также зависит от желаемого качества конечного продукта, технических возможностей загрузки топлива в конкретную печь и экономических соображений.

6.3.5.1 Использование топливных отходов

6.3.5.1.1 Контроль качества отходов

НДТ 34. Использование вторичных ресурсов

Критерии оценки: Интегрированные технологии

Описание: Чтобы обеспечить необходимые характеристики отходов, используемых в качестве топлива при производстве извести, должны быть использованы следующие техники согласно НДТ:

	Техника
а	Применение системы обеспечения качества, чтобы гарантировать характеристики отходов и анализ любых отходов, которые могут быть использованы как топливо в известковой печи: I. Постоянное качество II. Физические критерии, например, способность к образованию выбросов, размер частиц, реакционная способность, обжигаемость и калорийность III.Химические критерии - содержание общего хлора, серы, щёлочей, фосфора, металлов (например, общего хрома, свинца, кадмия, ртути, таллия)
б	Контроль достаточного количества необходимых параметров для любых отходов, используемых как топливо в известковой печи, таких, как содержание галогенов, металлов (Cd, Hg и Tl,: As, Sb, Pb, Mn, Cr, Cu, Ni и V) и серы

Применение: Общеприменимо в производстве извести при условии наличия разрешительной нормативной документации РК.

6.3.5.1.2 Загрузка отходов в печь

НДТ 35. Использование отходов как топлива

Критерии оценки: Интегрированные технологии

Описание: Чтобы предотвратить/снизить выбросы, образующиеся при утилизации горючих отходов в печи, следует использовать следующие техники согласно НДТ:

ПРОЕКТ DRAFT

	Техника
а	Использование для сжигания отходов в печах соответствующих горелок и режимов обжига
б	Функционирование должно осуществляться таким образом, чтобы образовавшийся при сжигании отходов газ находился в однородных контролируемых условиях даже в самом неблагоприятном случае при
в	Повышение температуры свыше 1100°C в том случае, если сжигаемые опасные отходы содержат свыше 1 % органических соединений хлора
г	Отходы должны загружаться непрерывно и постоянно
д	Прекратить сжигание отходов в период пуска и остановки печи, когда невозможно поддерживать необходимый режим, о чем упоминалось выше в п.п. (б) и (в)

Применение: Общеприменимо в производстве извести при условии наличия разрешительной нормативной документации РК.

6.3.5.3 Техника безопасности при утилизации опасных отходов

НДТ 36. Безопасное обращение с отходами

Критерии оценки: Сопутствующие организационные мероприятия

Чтобы не допустить аварийных выбросов, согласно НДТ, следует использовать систему безопасности, разработанную для хранения, обращения и загрузки в печь опасных отходов.

Описание: Использование системы управления безопасностью, разработанной для хранения, обращения и загрузки в печь опасных отходов, представляет собой ориентированный на учёт рисков подход в зависимости от типа и источника отходов, суть которого заключается в маркировке, контроле, отборе проб и тестировании нужного типа отходов.

6.3.6 Выбросы пыли

6.3.6.1 Неорганизованные выбросы пыли

НДТ 37. Оптимизация процессов производства

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы минимизировать/предотвратить неорганизованные выбросы при операциях с образованием пыли, следует использовать одну или несколько техник, согласно НДТ:

	Техника
а	Изоляция/герметизация операций с образованием пыли, таких как дробление, рассев и смешивание

б	Использование закрытых транспортёров и грузоподъемников, которые сконструированы как закрытые системы, если есть вероятность выброса пыли из пыльного материала
в	Использование бункеров для хранения соответствующей ёмкости, снабжённых индикаторами уровня с выключателями и фильтрами для предотвращения выброса пыли в воздух во время загрузочных операций
г	Использование закрытых систем пневмотранспорта
д	Погрузочно-разгрузочные работы в закрытых системах под разрежением и обеспыливание всасываемого воздуха рукавным фильтром перед выбросом в атмосферу
е	Сокращение утечек воздуха и просыпок материалов, полная комплектация оборудования
ж	Надлежащее и полное обслуживание оборудования
з	Использование автоматических устройств и систем управления
и	Использование непрерывных безаварийных операций
к	Использование гибких, оснащённых системой пылеулавливания погрузочных труб для загрузки известняка с автотранспорта

Применение: На стадии подготовки сырьевых материалов, таких как дробление и просеивание, в улавливании пыли обычно нет необходимости в силу влажности сырьевых материалов.

Применение: Общеприменимо при производстве цемента.

Экологический эффект: Минимизация и/или предотвращение неорганизованных выбросов пыли.

НДТ 38. Оптимизация процессов производства участков хранения

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы минимизировать/предотвратить неорганизованные выбросы пыли с площадок навального хранения следует использовать одну или несколько следующих техник:

	Техника
а	Ограждение мест хранения разного типа заслонами, вертикальным озеленением (искусственная или естественная защита от ветра)
б	Использование бункеров и закрытых полностью автоматизированных хранилищ для сырьевых материалов. Эти типы хранилищ оснащаются одним или несколькими рукавными фильтрами для предотвращения пыления при погрузочно-разгрузочных операциях
в	Снижение неорганизованных выбросов пыли в зонах хранении посредством обильного увлажнения мест погрузки и разгрузки и использование транспортёрной ленты с регулируемой высотой. При увлажнении или разбрызгивании почва должна быть укрыта, а излишки воды отведены и при необходимости переработаны и использованы в закрытых циклах
г	Если избежать неорганизованных выбросов пыли при погрузочно-разгрузочных операциях на местах навального хранения невозможно, то

ПРОЕКТ DRAFT

	следует регулировать высоту разгрузочного механизма в соответствии с высотой выгруженного материала по возможности автоматически или посредством снижения скорости разгрузки
д	Постоянное увлажнение мест разгрузки, особенно сухих, с использованием разбрызгивателей и уборка чистящими машинами
е	Использование пылевсасывающих систем во время уборки. Новые помещения могут легко быть оснащены стационарными пылесосными системами, тогда как уже существующие - лучше оснащать мобильными системами и гибкими соединениями
ж	Снижение неорганизованных выбросов пыли по маршруту движения автотранспорта посредством использования по возможности твёрдого покрытия и поддержания его в максимально чистом состоянии. Увлажнение дорог может снизить неорганизованные выбросы пыли, особенно в сухую погоду. Хорошо налаженная административно-хозяйственная работа может помочь свести неорганизованные выбросы пыли к минимуму

Применение: Общеприменимо при производстве цемента.

Экологический эффект: Минимизация и/или предотвращение неорганизованных выбросов пыли.

6.3.6.2 Организованные выбросы при операциях с образованием пыли, кроме процессов обжига в печи

НДТ 39. Применение фильтров в процессах охлаждения и помола

Критерии оценки: Снижения потенциального риска выбросов

Описание: Чтобы снизить организованные выбросы при операциях с образованием пыли, кроме процессов обжига в печи, рекомендуется использовать одну или несколько следующих техник, согласно НДТ, а также систему управления техническим обслуживанием, которая специально рассматривает функционирование фильтров:

	Техника [1) 2)]	Применение
а	Рукавный фильтр	Общеприменимо на заводах, где осуществляются помол и дробление, а также вспомогательные процессы в производстве извести; перевозка материалов, хранение и погрузка. Применимость рукавных фильтров в установках по гашению извести может быть ограничена высокой влажностью и низкой температурой отходящих газов.
б	Мокрый скруббер	Применяется в основном в установках по гашению извести
[1)] Описание технических решений дано в Разделе 4.1.2 [2)] При необходимости могут быть использованы центробежные сепараторы/циклоны для предварительной обработки отходящих газов.		

ПРОЕКТ DRAFT

Следует отметить, что для малых источников (меньше 10 тыс. $м^3$/ч) приоритетным должен быть подход, ориентированный на регулярный контроль за функционированием фильтров (см. НДТ.27).

6.3.6.3 Выбросы пыли при процессах обжига в печи

НДТ 40. Применение фильтров при обжиге

Критерии оценки: Технология «на конце трубы»

Описание: Чтобы снизить выбросы пыли при процессах обжига в печи, согласно НДТ следует использовать очистку отходящих газов фильтром. Может быть использована одна или несколько следующих техник:

	Техника	Применение
а	Электрофильтры	Применяется для всех систем печей
б	Рукавный фильтр	Применяется для всех систем печей
в	Влажный сепаратор пыли	Применяется для всех систем печей
г	Центробежный сепаратор/циклон	Центробежные сепараторы подходят только для предварительного сепарирования и могут использоваться только для предварительной очистки отходящих газов из всех систем печей
Описание техник дано в Разделе 4.1.2		

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.9.

Таблица 6.9 - Уровни выбросов пыли из отходящих газов при процессах обжига в печи, соответствующие НДТ

Техника	Единица измерения	НДТ (среднесуточная величина или среднее значение за период отбора проб, точечные измерения каждые 30 мин)
Рукавный фильтр	$мг/м^3$	< 20
Электрофильтр или другие фильтры	$мг/м^3$	< 20[1)]
[1)] В исключительных случаях, когда удельное сопротивление пыли высоко, среднесуточная величина согласно НДТ может быть выше - до 50 $мг/м^3$		

6.3.7 Газообразные соединения

6.3.7.1 Основные технические решения для снижения выбросов газообразных соединений

ПРОЕКТ DRAFT

НДТ 41. Снижение выбросов газообразных соединений

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом, Технология «на конце трубы»

Описание: Чтобы снизить выбросы газообразных соединений (например, NO_X, SO_2, HCl, CO, ООУ из отходящих газов в процессе обжига, используется одна или несколько техник, согласно НДТ:

	Техника	Применение
а	Тщательный отбор и контроль веществ, поступающих в печь	Общеприменимо
б	Сокращение уровня исходных загрязнителей в топливе и, если возможно, в сырьевых материалах: I. Выбор топлива, по возможности, с низким содержанием серы (в частности, для длинной вращающейся печи), азота и хлора; II. Выбор сырьевых материалов, по возможности, с низким содержанием органических веществ; Выбор топливных отходов, соответствующих технологическому процессу и типу горелки	Общеприменимо в производстве извести в зависимости от наличия местного сырья и топлива, типа используемой печи, желаемого качества продукта, технической возможности загрузки топлива в данную печь.
в	Использование методов оптимизации технологического процесса для обеспечения эффективного улавливания диоксида серы (например, эффективный контакт между печными газами и негашёной известью)	Применяется на всех установках по производству извести. Полная автоматизация процесса невозможна из-за некоторых неконтролируемых факторов, например, качества известняка

6.3.7.2 Выбросы NO_x

НДТ 42. Техники снижения выбросов NOx

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические мероприятия

Описание: Чтобы снизить выбросы NO_x из отходящих газов в процессе обжига, следует использовать одну или несколько техник, согласно НДТ:

	Техника	Применение
а	Основные технические решения	
	I. Правильный выбор топлива с	Общеприменимо при производстве

ПРОЕКТ DRAFT

	учётом ограничения содержания в нём азота	извести при условии доступности данного вида топлива, а также технической возможности использования этого вида топлива для данной печи
	II. Оптимизация процесса, включая регулирование зоны горения и температурный профиль	Оптимизация технологического процесса и управление процессом могут быть использованы в производстве извести, но зависит от качества конечного продукта
	III. Конструкция горелки (горелка с низким образованием NO_x	Горелки с низким выходом NO_x применяются во вращающихся и кольцевых шахтных печах, обеспечивая высокий уровень первичного воздуха. Прямоточные регенеративные обжиговые печи (PFRK) и другие шахтные печи работают по типу беспламенного горения, что делает использование горелок с низким выделением NO_x невозможным для этого типа печи
	IV. Ступенчатая подача воздуха [1)]	Не применяется в шахтных печах. Применяется только во вращающихся печах с теплообменником, но не тогда, когда идёт производство намертво обожжённой извести. Применение может быть ограничено видом конечного продукта в силу возможного перегрева в некоторых зонах печи и, как следствие, износом огнеупорной футеровки.
б	Селективное некаталитическое восстановление (SNCR)	Применяется во вращающихся печах Леполь. См. также НДТ 41

[1)] Описание технических решений дано в Разделе 4.1.5

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.10.

Таблица 6.10 - Уровни выбросов NO_X отходящих газов при процессах обжига в печи при производстве извести, соответствующие НДТ:

Тип печи	Единица измерения	НДТ (среднесуточная величина или среднее значение за период отбора проб (точечные измерения каждые 30 мин), выраженное как NO_2)
Прямоточная регенеративная	мг/м^3	100-350 [1)3)]

обжиговая печь (PFRK), кольцевая шахтная печь (ASK) , пересыпная обжиговая печь (MFSK), другие шахтные печи (OSK)		
Длинная вращающаяся печь (LRK), вращающаяся печь с теплообменником (PRK)	мг/м^3	<200 - 500 [1)2)]
[1)] Более высокие величины связаны с производством доломитовой извести и намертво обожжённой извести. Более высокие уровни, чем верхние предельные величины могут быть связаны с производством спечённой доломитовой извести [2)] Для LRK и PRK, производящих намертво обожжённую известь в шахтах, верхний уровень достигает 800 мг/м^3 [3)]Там, где основных технических решений, содержащихся в НДТ 45(a), недостаточно для достижения этого уровня и где вторичные технические решения невозможно применить для снижения выбросов NO_X до 350 мг/нм^3, верхняя предельная величина составляют 500 мг/м^3, особенно для намертво обожжённой извести и для использования биомассы в качестве топлива.		

НДТ 43. Техники снижения выбросов NH_3

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические мероприятия

Описание: Когда используется селективное некаталитическое восстановление (SNCR), НДТ помогают достичь эффективного снижения NO_X, удерживая уровень проскока аммиака на самом низком уровне, используя при этом следующие техники:

	Техника
а	Применение соответствующего и достаточного для снижения выбросов технического решения одновременно с сохранением стабильного производственного процесса
б	Применение подходящего стехиометрического соотношения и распределения аммиака для достижения наиболее эффективного снижения NO_X и уменьшения проскока аммиака
в	Сохранение проскоков NH_3 (в результате не вступившего в реакцию аммиака) из отходящих газов на максимально низком уровне, с учётом соотношения между снижением эффективности NO_X и проскока NH_3

Применение: Применяется только во вращающихся печах Леполь, где можно установить идеальный температурный диапазон 850 – 1020 °C. См. также НДТ 40, технологическое решение (б).

6.3.7.3 Выбросы SO_x

НДТ 44. Применение абсорбента и мокрого скруббера

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические

ПРОЕКТ DRAFT

мероприятия

Чтобы снизить выбросы SO_x из отходящих газов в процессе обжига в печи, используется одну или несколько техник в соответствии с НДТ:

	Техника	Применение
а	Оптимизация процесса для обеспечения эффективного улавливания диоксида серы (например, эффективное взаимодействие между печными газами и негашёной известью)	Оптимизация управления процессом применима на всех заводах по производству извести
б	Отбор топлива с низким содержанием серы	Общеприменимо при условии наличия топлива, особенно по отношению к длинным вращающимся печам (LRK), из-за высокого уровня выбросов SO_x
в	Использование метода добавки адсорбентов (например, добавка адсорбента, очистка сухого отходящего газа при помощи фильтра, мокрый скруббер или добавление активированного угля)	Метод добавки адсорбентов, в принципе, используется при производстве извести. В частности, для того чтобы оценить возможность её применения во вращающихся печах, нужны дополнительные исследования
Описание технического решения дано в Разделе 4.1.4		

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.11.

Таблица 6.11. Уровни выбросов SO_X отходящих газов при процессах обжига в печи при производстве извести, соответствующие НДТ

Тип печи	Единица измерения	НДТ (среднесуточная величина или среднее значение за период отбора проб, точечные измерения каждые 30 мин, выраженная как SO_2)
Прямоточная регенеративная обжиговая печь (PFRK), кольцевая шахтная печь (ASK) , пересыпная обжиговая печь (MFSK), другие шахтные печи (OSK), вращающаяся печь с теплообменником (PRK)	мг/м^3	< 50 - 200
Длинная вращающаяся печь (LRK)	мг/м^3	< 50 - 400
[1)]Уровень зависит от начального уровня SO_X в отходящих газах и от использованной технологии. 2) В производстве спеченной доломитовой извести с использованием «двухпроходового		

ПРОЕКТ DRAFT

процесса» выбросы SO_X могут быть выше предельного значения.

6.3.7.4 Выбросы CO, проскоки CO

6.3.7.4.1 Выбросы CO

НДТ 45. Снижение выбросов CO

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические мероприятия

Чтобы снизить выбросы CO из отходящих газов в процессе обжига в печи, используется одну или несколько техник в соответствии с НДТ:

	Техника	Применение
а	Отбор сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества	Общеприменимо в производстве извести в рамках доступности и состава местного сырья, типа используемой печи и качества конечного продукта
б	Оптимизация процесса для достижения стабильного и полного сгорания	Применимо на всех заводах по производству извести. Полная автоматизация процесса невозможна из-за примесей, не поддающихся контролю, то есть качества известняка

В этом контексте см. также НДТ 25, НДТ 26 и НДТ 27

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.12.

Таблица 6.12 - Уровни выбросов CO из отходящих газов при процессах обжига в печи при производстве извести, соответствующие НДТ

Тип печи	Единица измерения	НДТ[1)2)] (среднесуточная величина или среднее значение за период отбора проб, точечные измерения каждые 30 мин)
Прямоточная регенеративная обжиговая печь (PFRK), другие шахтные печи (OSK), длинная вращающаяся печь (LRK), вращающаяся печь с теплообменником (PRK)	мг/м^3	< 500
[1)]Уровень выбросов может быть выше в зависимости от видов сырья и/или типа получаемой извести, например, гидравлической извести [2)] Соответствующие НДТ требования не применятся для MFSK и ASK		

ПРОЕКТ DRAFT

6.3.7.4.2 Снижение проскоков CO

НДТ 46. Снижение проскоков CO

Критерии оценки: Сопутствующие организационные и технические мероприятия

Чтобы минимизировать частоту проскоков CO при применении электрофильтров, используются следующие техники в соответствии с НДТ:

	Техника
а	Управление проскоками CO с целью уменьшения времени простоя
б	Непрерывные автоматические замеры уровня CO посредством контрольного оборудования с коротким временем отклика, расположенного близко к

Описание: С целью безопасности и во избежание риска взрыва электрофильтры должны отключаться в момент повышения уровня CO в отходящих газах. Следующие технические решения помогают предотвратить проскоки CO и, таким образом, снижают время простоя электрофильтров:

- контроль за процессом сгорания;
- контроль за загрузкой органических сырьевых материалов;
- контроль за качеством топлива и системой подачи топлива.

Прерывание операции происходит в основном на стадии розжига печи. В целях безопасности газовые анализаторы, существующие для защиты электрофильтров, должны функционировать на протяжении всех стадий процесса, и время простоя электрофильтров может быть снижено при помощи использования запасной системы мониторинга, поддерживаемой в рабочем состоянии в течение всего процесса.

Система непрерывного контроля CO должна быть оптимизирована с учётом времени отклика и должна находиться вблизи источника CO, т.е. на выходе из теплообменника или возле загрузочного отверстия печи в случае, если используется печь мокрого способа.

Применение: Общеприменимо во вращающихся печах, оснащённых электрофильтрами.

6.3.7.5 Выбросы органических углеводородов

НДТ 47. Использование сырья с низким содержанием летучих органических соединений

Критерии оценки: Выбор сырья

Описание: Чтобы снизить выбросы общего органического углерода (ООУ) в отходящих печных газах в процессе обжига, используется одна или несколько техник, согласно НДТ:

	Техника
а	Применение основных техник и контроля (см. также НДТ 25, НДТ 26 и НДТ 27)
б	Избегание загрузки сырьевых материалов с высоким содержанием летучих органических соединений в печь (за исключением производства гидравлической извести)

Применение: Техническое решение (б) общеприменимо в производстве извести, в зависимости от наличия местных сырьевых материалов и/или типа производимой извести.

6.3.7.6 Выбросы полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов (ПХДД и ПХДФ)

НДТ 48. Использование сырья с низким содержанием летучих органических соединений, соединений хлора и меди

Критерии оценки: Выбор сырья

Описание: Для предотвращения выбросов полихлорированных дибензодиоксинов и дибензофуранов или поддержания этих выбросы в отходящих печных газов низкими, следует применять отдельно или совместно следующие техники:

	Техники	Применимость
а	Выбор топлива с пониженным содержанием хлора	общеприменимо
б	Ограничение попадания в топливо меди	общеприменимо
в	Ограничение / отказ от использования отходов, в которых имеются хлорсодержащие органические материалы	общеприменимо
г	Ограничение времени пребывания дымовых газов и содержания кислорода в зонах с температурой с температурой от 300 до 450 ° C	общеприменимо

В случае применения указанных выше НДТ могут быть достигнуты уровни выбросов ПХДД и ПХДФ < 0,05 - 0,1 нг I-TEQ/нм^3 (международный эквивалент токсичности, средний показатель за период отбора проб 6 - 8 час).

6.3.7.7 Выбросы металлов

НДТ 49. Использование сырья с низким содержанием металлов

Критерии оценки: Выбор сырья, Технология «на конце трубы»,

Описание: Для минимизации выбросов металлов из отходящих печных газов необходимо предусмотреть использование одной или несколько следующих техник:

	Техники
а	Подбор топлива с пониженным содержанием металлов
б	Использование системы обеспечения качества, гарантирующей требуемые характеристики используемых отходов
в	Ограничение содержания определенных металлов, особенно ртути
г	Использование эффективных техник по улавливанию пыли (из печной системы)

Экологический эффект: Уровни выбросов, соответствующие НДТ – см. Таблицу 6.13.

Таблица 6.13 - Уровни выбросов металлов из печей в цементной промышленности при использовании НДТ

Металл	Размерность	Уровни выбросов, связанные с НДТ (средние за период отбора проб (точечные измерения, по крайней мере, в течение 30 мин)
Hg	мг металла/нм^3 выхлопных газов при стандартных условиях (относится к температуре 273 K, давлению 1013 гПа и сухому газу) и эталонному кислороду 10%	< 0,05
Σ (Cd, Tl)		< 0,05
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mg, Ni, V)		< 0,5

6.3.7.8 Снижение выбросов газообразных хлоридов и фторидов HCl и HF

НДТ 50. Снижение выбросов газообразных хлоридов и фторидов

Критерии оценки: Выбор сырья, Технология «на конце трубы»,

Описание: Для снижения или предотвращения выбросов HCl и HF из цементных печей путем следует применять одну или нескольких из следующих техник:

	Техника/ оборудование	Применимость
а	Использование топлива с низким содержанием хлора и фтора [1)]	Для всех предприятий
б	Ограничение содержания хлора и фтора в любых отходах, которые будут использоваться в качестве топлива в для известеобжигательных печей [1)]	Для всех предприятий

ПРОЕКТ DRAFT

[1)] Техники должны применяться только в том случае, если в качестве топлива и / или сырья используются отходы

Экологический эффект: При использовании НДТ средний суточный показатель или показатель при периодичном отборе проб через 1 ч или 30 мин. уровня выбросов HCl меньше 10 мг/нм^3.

При использовании НДТ средний суточный показатель или показатель при периодичном отборе проб через 1 ч или 30 мин. уровня выбросов HF меньше 1 мг/нм^3.

6.3.8 Производственные потери/отходы

НДТ 51. Вторичное использование отходов

Критерии оценки: Управление и контроль производственным процессом

Описание: Чтобы снизить количество твёрдых отходов при производстве извести и сэкономить сырьевые материалы, в соответствии с НДТ используются следующие техники:

	Техники	Применение
а	Повторное использование уловленной пыли или других взвешенных частиц (например, песка, гравия) в технологическом процессе	Общеприменимо в случае целесообразности
б	Использование пыли, некондиционной негашёной извести и некондиционной гидравлической извести в отдельных рыночных продуктах	Обычно используется в различных видах некоторых рыночных продуктов, если это целесообразно

Экологический эффект: Уменьшение объёмов размещения отходов.

ПРОЕКТ DRAFT

7 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНИКИ

В данном разделе работы представлены перспективные техники производства цемента и извести, как в целом, так и по отдельным технологическим переделам, реализация которых могла бы привести к снижению ущерба, наносимого окружающей среде при производстве данных материалов.

7.1 Перспективные техники производства цемента

Техника получения цемента в кипящем слое

Техника обжига портландцементного клинкера в кипящем разрабатывается в Японии при поддержке Министерства внешней торговли и промышленности с 1986 г. Пилотный завод производительностью 20 т клинкера в сутки работал в течение шести лет, в период 1989 -1995 гг., на заводе Тошиги, Сумитомо Осака Цемент, Япония. Пилотный завод производительностью 200 т/сутки был построен в конце 1995 г.

Принципиальная схема цементной печи кипящего слоя производительностью 20 т/сутки показана на рисунке 7.1.

Система состоит из запечного циклонного теплообменника (SP), аэрофонтанной грануляционной печи (SBK), печи кипящего слоя (FBK), установки резкого охлаждения в кипящем слое (FBK) и клинкерного холодильника плотного слоя.

Запечный теплообменник состоит из обычного четырехступенчатого циклонного теплообменника, который подогревает и декарбонизирует сырьевую смесь. Грануляционная печь гранулирует сырьевую смесь в виде гранул размером 1,5-2,5 мм при температуре 1300 °С. В обжиговой печи завершается гранулообразование и обжиг клинкера при температуре 1400 °С. В установке резкого охлаждения клинкер охлаждается с 1400 до 1000 °С. Окончательное охлаждение клинкера до 100 °С производится в холодильнике плотного слоя.

Клинкер, полученный в печи кипящего слоя, по качеству аналогичен или лучше клинкера, получаемого в обычной печи. Выбросы NO_x составляют 115 - 190 мг/нм^3 при использовании в качестве топлива тяжелей нефти и 440 - 515 мг/нм3 при использовании порошкообразного угля. Согласно выполненным исследованиям, для завода производительностью 3000 т клинкера в сутки расход тепла может уменьшен на 10 - 12 % в сравнении с вращающейся печью с запечным теплообменником и колосниковым холодильником, следовательно выбросы CO_2 могут быть снижены на 10 - 12 %.

Конечной целью развития технологии кипящего слоя (согласно предварительным оценкам для печи производительностью 3000 т/сутки на основе результатов испытаний пилотной печи производительностью 20 т клинкера в сутки) является:

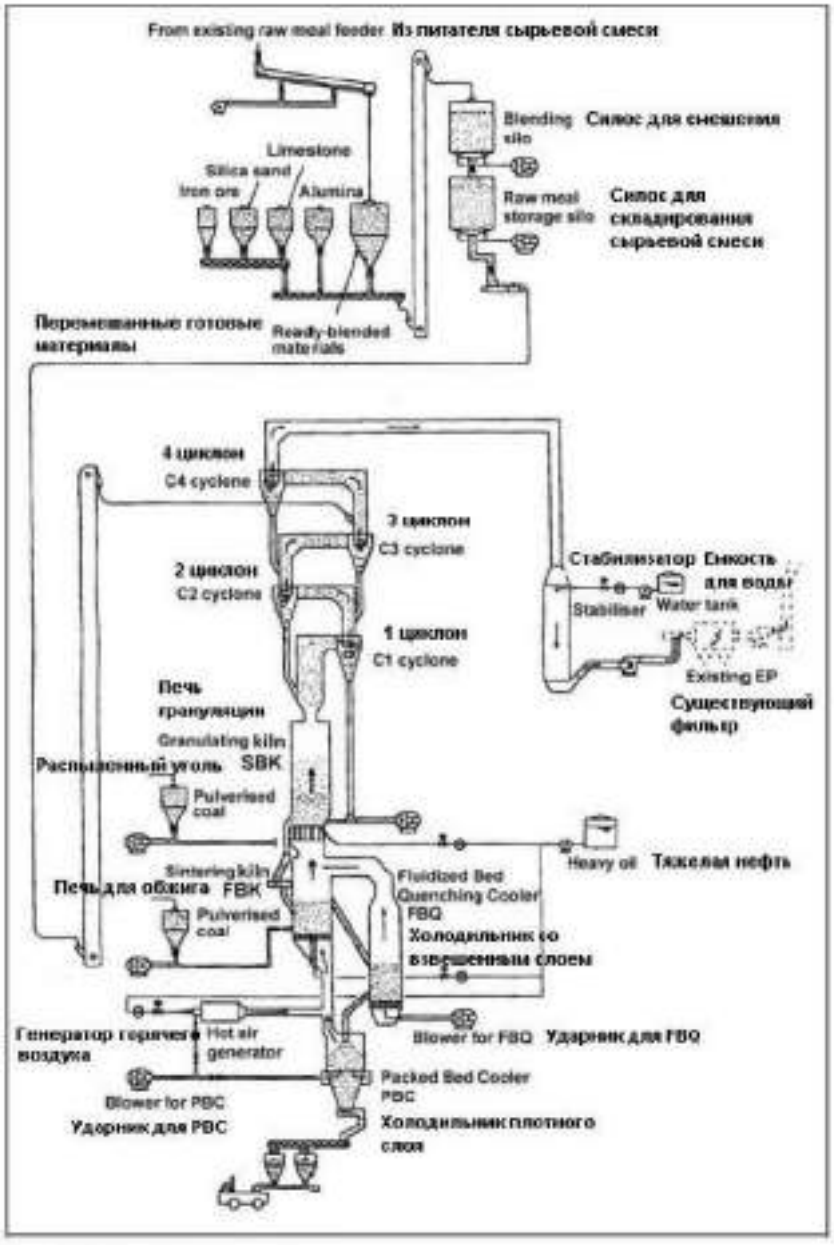


Рисунок 7.1 – Печь кипящего слоя [87]

1. Снижение расхода тепла на обжиг на 10 - 12 %;
2. Снижение выбросов CO_2 на 10 - 12 %;
3. Снижение уровня выбросов NO_x до 380 мг/нм^3 и менее;
4. Сохранение текущего уровня выбросов SO_x;
5. Снижение стоимости строительства на 30 %;
6. Снижение площади застройки на 30 %.

7.2 Перспективные техники в известковой промышленности

7.2.1 Обжиг в кипящем слое

В течение многих лет обжиг тонко измельченного известняка в кипящем слое осуществляют в относительно небольших объёмах. У этой технологии имеется несколько потенциальных достоинств:

- использование содержащего серу известняка
- низкие выбросы NO_x
- низкие выбросы SO_2

И помимо того, что при использовании этой технологии не достигается особенно низкий удельный расход тепла на обжиг, тонко измельченная продукция не подходит для многих целей, при этом в ней относительно велико содержание карбоната кальция. Первоначальные проблемы, связанные с применением этой технологии в печах с суточной производительностью свыше 150 т, по-видимому, разрешены.

На рисунке 7.2 показана схема печи кипящего слоя. Тонко измельченный известняк подают в подогреватель, использующий тепло отходящих печных газов. Подогретый известняк затем поступает в ёмкость, где создается первая ступень кипящего слоя, температура известняка повышается, и он начинает обжигаться.

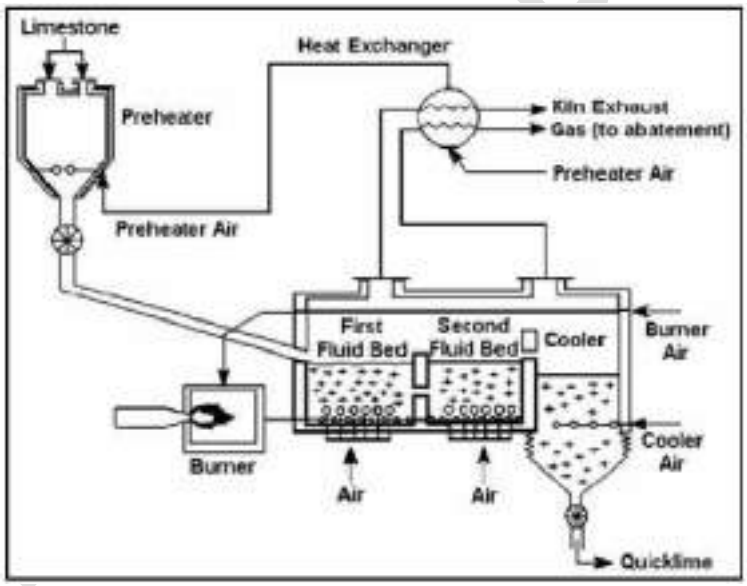


Рисунок 7.2 - Печь кипящего слоя:
Limestone-известняк; Preheater- подогреватель; Air-воздух; Heat Exchanger-теплообменник; Kiln Exhaust-отходящий газ из печи; Gas(to abatement) - очистка газа; Burner-горелка; First - первая; Second-вторая; Fluid Bed - кипящий слой; Cooler-холодильник; Quicklime-негашеная известь

По мере обжига известняка более легкая негашеная известь перетекает через разделительную стенку в пространство второй стадии кипящего слоя, где завершается обжиг. Затем негашеная известь проходит через холодильник, где

охлаждается наружным воздухом.

Несмотря на то, что при осуществлении технологии кипящего слоя происходит меньшее, чем при использовании других печей загрязнение, отсутствуют четкие доказательства возможности получения в кипящем слое тонкодисперсной высоко активной извести.

7.2.2 Обжиг во взвешенном состоянии/ подогреватель во взвешенном состоянии

В известковой промышленности разработана технология подачи тонко измельченного известняка в подогреватель взвешенного состояния - декарбонизатор. Однако такая технология подходит лишь для известняка определенного качества и поэтому используется в очень малом количестве установок. Эта технология осуществлена на двух печах в Австралии. На одной из них продукт из декарбонизатора проходит короткую вращающуюся печь, используемую для регулирования содержания $CaCO_3$ и контроля соответствия активности требованиям потребителя.

Такая технология особенно подходит для «песчаного» известняка, поскольку обжиг во взвешенном состоянии подразумевает подачу материала размером 0-2 мм. Для осуществления рассматриваемой технологии необходимы высокие капиталовложения, которые вероятно ограничивают их относительно высокую (например, около 500 т/сутки) производительность.

7.2.3 Дожигание дымовых газов шахтных пересыпных печей

Для обработки дымовых газов шахтных пересыпных печей рассматривается два варианта очистки:

- Рекуперативный термический окислитель. Основным достоинством рассматриваемой технологии является относительно слабая чувствительность к концентрации пыли до 30 мг/нм^3. Кроме того, из-за наличия в окислителе высоких температур не могут образоваться аммонийные соли, которые подвергают оборудование коррозии. Однако при самых благоприятных режимах эта технология требует дополнительных (до 0,85 ГДж/т продукции) затрат тепла.
- Регенеративный термический окислитель. Опытные испытания небольшого регенеративного окислителя провели на нескольких заводах, оснащенных отапливаемыми различными видами твердого топлива шахтными пересыпными печами. Окислитель устанавливали между рукавным фильтром и трубой и часть (до 1500 нм^3/ч) дымовых газов (как показано на рисунке 7.3) отделяли от основного потока дымовых газов.

ПРОЕКТ DRAFT

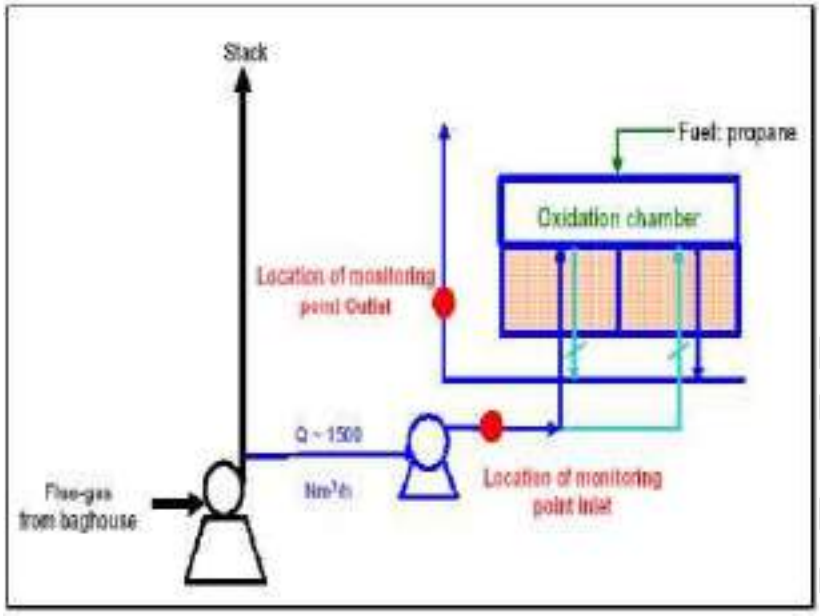


Рисунок 7.3 - Пример технологической схемы обработки дымовых газов [88]: Flue-gas from baghouse - дымовые газы из рукавного фильтра; Stack- труба; Location of monitoring point - расположение точек мониторинга ; Outlet - выход jnlet - вход ; Fuel-propan- топливо - пропан; Oxidation chamber - камера окислителя

Состав дымовых газов на входе и выходе из окислителя подвергали тщательному контролю в течение нескольких часов (таблица 7.1).

Таблица 7.1 - Состав дымовых газов по результатам мониторинга в течение нескольких часов [88]

Замеры	Вещества	Средняя концентрация, мг/нм^3	
		на входе	на выходе
1	CO	4900	35
	ООУ	32	0,1
	H_2S	<0,8	<0,7
2	CO	14650	95
	ООУ	1220	0,4
	H_2S	2	<0,8
3	CO	6270	51
	ООУ	338	1,3
	H_2S	1,4	<1,2
4	CO	10810	95
	ООУ	37	0,2
	H_2S	-	-
5	CO	14230	128
	ООУ	34	0,3
	H_2S	20	<0,9
6	CO	14450	115

ПРОЕКТ DRAFT

	ООУ	53	0,5
	H_2S	33	<0,5

Из приведенных данных можно сделать вывод о том, что хорошо спроектированный окислитель может работать в автотермическом (без подвода дополнительной энергии) режиме в том случае, когда концентрация CO в дымовых газов до обработки превышает 1,5-2 %. В этом случае эффективность удаления оксида углерода, общего органического углерода и сероводорода достигает 98 %. Концентрация CO в дымовых газах после очистки всегда не превышает 100 мг/нм^3. Однако в противоположность рекуперативной системе это оборудование требует, чтобы в дымовых газах содержалось очень мало (не более 5 мг/нм^3) пыли. Если температура на выходе слишком низкая (ниже 200 ^{0}C) могут формироваться аммонийные соли. В этом случае наблюдается коррозия труб и/или неконтролируемый выброс пыли. Эти испытания также показали, что в том случае, когда CO превышает 2-3 %, в окислителе при окислении загрязняющих веществ образуется слишком много тепла. Это может привести к серьезным нарушениям в работе оборудования.

Вывод о том, какую технологию следует выбрать, следует основываться на следующем (не исчерпывающем) перечне критериев:

- характеристиках дымовых газов - скорость течения, содержание кислорода, CO, TOC и температура;
- изменение этих параметров во времени;
- характеристика обеспыливающей системы.

Кроме того, наилучшее решение можно принять с учетом местных условий [88].

ПРОЕКТ DRAFT

8 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Справочник подготовлен в рамках государственного задания по бюджетной программе 044 «Содействие ускоренному переходу Казахстана к зеленой экономике путем продвижения технологий и лучших практик, развития бизнеса и инвестиций» в соответствии со статьей 113 Экологического Кодекса Республики Казахстан от 2 января 2021 года

Правовая основа заложена в проекте «Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра Справочников по НДТ», которые будут утверждены постановлением Правительства Республики Казахстан.

Разработка справочника по НДТ проводилась группой независимых экспертов, представленной технологами, экологами, специалистами по энергоэффективности и экспертом по финансовому моделированию. Состав группы независимых экспертов сформирован рабочей группой по отбору экспертов и (или) научно-исследовательских институтов и (или) высших учебных заведений для разработки разделов проектов Справочников по наилучшим доступным техникам, созданной приказом Председателя Правления Центра.

Обеспечение консультационной и методологической поддержки осуществлялось Французским Национальным Агентством по инвентаризации эмиссий CITEPA.

Подготовка настоящего справочника осуществлялась при участии ТРГ, созданной приказом Председателя Правления Центра №20-21П от 25 февраля 2021г., №70-21П от 10 июня 2021 г. В состав ТРГ вошли представители субъектов цементной промышленности, государственные органы в области промышленной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, научные и проектные организации, экологические и отраслевые ассоциации.

На первом этапе разработки справочника проведен комплексный технологический аудит (КТА) - экспертная оценка текущего состояния предприятий по производству цемента и извести, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей, и степень воздействия предприятий на окружающую среду.

Оценка соответствия технологий, реализованных на предприятиях по производству цемента и извести, принципам наилучших доступных техник (НДТ), была выполнена в соответствии с Методикой проведения экспертной оценки технологических процессов организаций на соответствие принципам наилучших доступных технологий.

Целью экспертной оценки являлось определение настоящего технологического состояния предприятий по производству цемента и извести и их оценка в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с

ПРОЕКТ DRAFT

ст.124 проекта изменения Экологического кодекса Республики Казахстан, Директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС «О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроля загрязнений), а также Методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника.

Был проведен анализ и систематизация информации цементной и известковой отрасли в целом, о применяемых в отрасли технологиях, оборудовании, сбросах и выбросах загрязняющих веществ, образовании отходов производства, других факторов воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсо-потреблении с использованием литературных данных, изучения нормативной документации и экологических отчетов.

На основе шаблонов анкет КТА проводилось анкетирование предприятий по производству цемента и извести. Итоги анализа, поступивших от предприятий анкет выявили явную недостаточность информации по различным аспектам применения технологий, в том числе по технологическим показателям. Показатели выбросов загрязняющих веществ (ЗВ), представленные в отраслевых отчетах по производству цемента и извести, не приведены к стандартным условиям (сухой газовый поток при температуре 273 К и давлении 101,3 кПа). Не предоставлялись фактические (замерные) нормализованные показатели по ЗВ с учетом поправки на содержание кислорода в отходящем газе. По этой причине на данном этапе использовались имеющиеся результаты, предоставленные предприятиями по производству цемента и извести.

При подготовке справочника «Производство цемента и извести» изучался европейский подход внедрения НДТ. За основу взят Европейский справочник «Производство цемента, извести и оксида магния» (Best Available Techniques Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide), 2013 г

Структура справочника по НДТ «Производство цемента и извести» разработана по результатам проведенного КТА и анализа особенностей структуры цементной и известковой отраслей Республики Казахстан, а также ориентируясь на наилучший мировой опыт.

К перспективным технологиям отнесены не только отечественные разработки, но также и передовые технологии, применяемые на практике за рубежом, но до настоящего времени не внедренные в Республике Казахстан.

По итогам подготовки справочника " Производство цемента и извести " были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

- *Предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ, в особенности маркерных, в окружающую среду, потребления сырья и энергоресурсов, а также о проведении модернизации основного и природоохранного оборудования, экономических аспектах внедрения НДТ;

*На данном этапе разработки справочника в настоящей главе сведения о

ПРОЕКТ DRAFT

рекомендациях будут приведены в следующей редакции, с учетом проведения заседаний ТРГ, обсуждения текущей редакции и предложений, поступивших от членов ТРГ и от экспертов, участвующих в разработке справочника.

ПРОЕКТ DRAFT

БИБЛИОГРАФИЯ

1 Экологический Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года №400-VI ЗРК

2 Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide. – 2013 https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/CLM_Published_def_0.pdf

3 Таймасов Б.Т. Специальная технология вяжущих материалов: учебник. – Шымкент: Тип. Алем, 2020. – 368 с.

4 Керембаев А.Т. Отчет по результатам маркетингового исследования «Производство строительных материалов и прочей не металлической минеральной продукции. Производство цемента, извести и строительного гипса. Нур-Султан, 2020.

5 Statista.com, 2020 год. https://www.statista.com/

6 В Казахстане хотят снизить цены на цементную продукцию / https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2021-07/v-kazakhstane-khotyat-snizit-ceny-na-cementnuyu-produkciyu

7 Таймасов Б.Т., Классен В.К. Химическая технология вяжущих материалов: учебник / - 2-е изд., доп. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 448 с.

8 Таймасов Б.Т. Химическая технология вяжущих материалов: Учебник / - Шымкент: ЮКГУ им. М.Ауезова, 2014.- 444 с.

9 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство цемента ИТС 6-2015. – Москва, 2015

10 Энциклопедия Республики Казахстан. «Казахстан». Национальная энциклопедия: Том 1; Том 2; Том 3; Том 4; Том 5.

11 Сейтжанов Б.С. ТОО «Стандарт Цемент» // Цемент и его применение. №1. 2020. – С. 86.

12 Дюмортье Т. Обзор //Цемент и его применение. 2020. №1. – С. 83.

13 Ескиндиров М.Ж. Обзор. ТОО ПО «Кокше-Цемент» // Цемент и его применение. №1 2020. – С. 83-84.

14 Ескиндиров М.Ж. Обзор //Цемент и его применение. №5. 2020. – С. 12-13.

15 ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.

16 ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия.

17 ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия

18 ГОСТ 22266-2013 Цементы сульфатостойкие. Технические условия.

19 ГОСТ 1581-96 Цементы тампонажные. Технические условия.

20 ГОСТ 33174-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Цементы. Технические требования. – М.: Стандартинформ. 2015. – 12 с.

21 ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.

ПРОЕКТ DRAFT

22 Лившиц Э.Б., Кашников В.С. Инструкция по определению основных технологических параметров, применяемых при проведении наладочных работ на цементных предприятиях. Чимкентского отделения ОРГПРОЕКТЦЕМЕНТА. – Чимкент. 1990. – 687 с.

23 Пащенко, А.А. Вяжущие материалы. 2-ое издание: учебник / А.А. Пащенко, В.П. Сербин, Е.А. Старчевская. – Киев: Вища школа, 1985. – 440 с.

24 Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие / В.К.Классен. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 308 с.

25 VDI 2094 Germany, 2003

26 «Рекомендации по утилизации отходов на цементных заводах». октябрь 2005 г., Швейцарское агентство по окружающей среде, лесам и ландшафтам, SAEFL.

27 Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов.– Белгород: Изд-во БГТУ им. Г.Шухова, 2004. – Ч. 1.– 240 с.

28 Бишимбаев В.К., Есимов Б.О., Адырбаева Т.А., Руснак В.В., Егоров Ю.В. Минерально-сырьевая и технологическая база Южно-Казахстанского кластера строительных и силикатных материалов. Монография. – Алматы, 2009 – 266 с.

29 ГОСТ 3476-2019 Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов.

30 Информационный обзор по результатам ведения Государственного кадастра отходов производства и потребления за 2019 год.

31 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 28 ноября 2014 года № 155 «Об утверждении перечня наилучших доступных технологий».

32 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 19 июля 2016 года № 332 «Об утверждении критериев отнесения отходов потребления ко вторичному сырью».

33 Терехович С.В. Технологические процессы производства, гидратация и свойства цементов, полученных на основе фосфошлаков: Дис. докт. техн наук. – Чимкент, 1985.

34 Жаникулов Н.Н. Создание энерго- и ресурсосберегающих технологий портландцементов и стеновой керамики с использованием отходов угледобычи и техногенного сырья. Дисс. доктора PhD. – Шымкент. 2020.

35 Таймасов Б.Т., Худякова Т.М., Жаникулов Н.Н. Комплексное использование природного и техногенного сырья в производстве малоэнергоемких цементов: Монография: - Шымкент: Типография «Алем», 2017. – 200 с.

36 Морозова И.А., Классен В.К. Использование металлургических шлаков для производства высококачественных цементов // Цемент Информ. - 2014. - №2 (47). - С.65-67.

ПРОЕКТ DRAFT

37 Таймасов Б. Малоэнергоемкая ресурсосберегающая технология производства портландцемента на техногенных и природных материалах. Дис. докт. техн. наук. – Шымкент, 2002.

38 Таймасов Б.Т., Есимов Б.О, Терехович С.В., Куралова Р.К. Цементы на основе техногенных отходов и магматических пород. – Шымкент: Изд-во NORIS, 2002. –163 с.

39 Патент №2012. Нац. Патент ведомство РК Сырьевая смесь для получения портландцементного клинкера // Таймасов Б.Т., Терехович С.В., Ногаев Т.Б. и др. 15.06.98. Бюл. № 5.

40 Цементы из базальтов // Под ред. А.А.Пащенко. – Киев, Наукова думка, 1983. – 192 с.

41 Копелиович В.М., Здоров А.И., Златковский А.Б. Утилизация промышленных отходов в производстве цемента // Цемент и его применение. 1998. №3. – С.35-39.

42 Потапова Е. Н., Волосатова М. А. Производство цемента/Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий/ [гл. ред. Д.О. Скобелев] : ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». – М. ; СПб. : «Реноме», 2019. С. 455-514.

43 Обзор цементной отрасли стран Евразийского экономического союза 2015-2016. Аналитические исследования Ernst&Young

44 Союзцемент. Обзоры цементной отрасли Евразийского экономического союза. Электронный ресурс – https://soyuzcem.ru/analitika

45 Комитет по Статистике Министерства Национальной Экономики Республики Казахстан, 2020 год. https://bala.stat.gov.kz/

46 Маркетинговое исследование в рамках госпрограммы поддержки и развития бизнеса «Дорожная карта бизнеса – 2025», 2020 год. https://egov.kz/cms/ru/articles/road_business_map

47 Technology Roadmap-Low-Carbon Transitioninthe CementIndustry 2014 [Электронный ресурс]. URL: https: //webstore lea org/technology-roadmap-low-carbon-transition-in-the-cement-industry (дата обращения 23.03.2020).

48 Лейтан Ф. Взгляд вперед: каким будет цементный завод в ближайшем будущем //Цемент и его применение. 2020. № 1. – С.124-128.

49 A blueprint for a climate friendly cement industry. https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/englishsummary__lr_pdf.pdf

50 Concrete is more than a material. It’s about life/ Global Cement and Concrete Association (GCCA) of 03.05.2021

51 Экологическое нормирование предприятий: наилучшие доступные технологии, повышение энергоэффективности и выбросы парниковых газов. Международный опыт и российские подходы. – М. : Инфотропик Медиа, 2017. – 104 с.

52 Отчет об экспертной оценке цементной отрасли на соответствие принципам наилучших доступных техник. Нур-Султан. 2021 г.

PROJECT DRAFT

53 EU (2010), Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24, https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010 L0075&from= EN

54 EU (2012), Commission Implementing Decision of 10 February 2012 laying down rules, https://eurlex.europa.eu/eli/dec_impl/2012/119/oj

55 Reference Document on Economics and Cross-Media Effects, 2006 г. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/economics-and-cross-media-effects

56 Best Available Techniques Reference Document for Waste Treatment, 2018. https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/best-available-techniques-bat-reference-document-waste-treatment-industrial-emissions

57 Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009г. https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/ENE_Adopted_02-2009.pdf

58 Strategy to review the chemical BREFs), March 2007 https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/inline-files/strategy_review_chem_BREFs.pdf

59 Standard text used in BREFs, March 2019 https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/inline-files/Standard_text_%28AFTER_ FORUM_13%29.pdf

60 OECD (2020), Best Available Techniques for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 4: Guidance Document on Determining BAT, BAT-associated Environmental Performance Levels and BAT-based Permit Conditions, Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/guidance-document-on-determining-best-available-techniques.pdf

61 Проект Постановления Правительства Республики Казахстан «Правила разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам»

62 Проектирование цементных заводов (под ред. Зозули П.В., Никифорова Ю.В.). – СПб: Изд. «Синтез». 1995.- 445 с.

63 Environmental emission monitoring of SO_2, NO_x, VOC and other contaminants from cement Kilns. Training module 1, RD E&GC, UNACEM, Ecuador, November 2020.

64 Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов ЗВ в атмосферный воздух», НИИ Атмосфера, 2012 (п. 2.2.4 – Учет трансформации ВВ в атмосфере).

65 Workshop to Promote the Ratification of Protocols of the UNECE Air Convention with Focus on Countries in the EECCA Region. 14 - 16 May 2019, Berlin, Germany. https://www.unece.org/index.php?id=51388

66 Cembureau emission report 2018 for the year 2016 NO_x abatement systems installed in EU 28.

PROJECT DRAFT

67 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 7 сентября 2018 года № 356 «Об утверждении Правил ведения автоматизированного мониторинга эмиссий в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля и требований к отчетности по результатам производственного экологического контроля».

68 Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 25 июня 2021 года № 212 «Об утверждении Перечня загрязняющих веществ, эмиссии которых подлежат экологическому нормированию»

69 Приказ Министра национальной экономики РК от 20 марта 2015 года № 237 Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования по установлению санитарно-защитной зоны производственных объектов»

70 Лаборатория новых технологий – URL: http://www.energy-lab.ru/ (дата обращения 23.04.2021).

71 Федотов П.А. ООО «Данфос». «ИСУП», 2017. № 6(72). URL: https://isup.ru/ (дата обращения 18.05.2021).

72 12. ЗАО "ЭРАСИБ" Разработка и производство систем управления электроприводом – URL: https://erasib.ru/ (дата обращения 21.04.2021)

73 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 7-2015. Производство извести – 125 с.

74 ГОСТ Р 55099–2012 Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии обращения с отходами в цементной промышленности, 2013 г.

75 Борисов И. Н., Мандрикова О. С. Применение топливосодержащих отходов в производстве цемента // ЦементИнформ. 2014 г. № 1. С. 9–11.

76 Cembureau-The Европейская цементная ассоциация, Брюссель, Отчет о деятельности за 2019 г.

77 GCCA Sustainability Guidelines for co-processing fuels and raw materials in cement manufacturing June 2019, GCCA- Global Cement and Concrete Association, London, UK https://gccassociation.org/wp-content/uploads/2019/10/ GCCA_Guidelines_FuelsRawMaterials_v04_AMEND.pdf.

78 Использование альтернативных видов топлива и сырья в цементной промышленности Турции// Цемент и его применение». 2020. – 5 с.

79 ЗАО НИЦ Гипроцемент-наука. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.giprocement.ru.

80 СТ РК 2187-2012 «Отходы. Шины автотранспортные. Требования безопасности при обращении»

81 Худякова Т.М., Айтуреев М.Ж. Характеристика топлив и топливосжигающих устройств в промышленности строительных материалов: учебное пособие. - Шымкент: Типография «Алем», 2014. - 174 с.

82 Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 31 мая 2007 года № 169-п «Об утверждении Классификатора отходов» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 02.12.2020г.). https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30111195

ПРОЕКТ DRAFT

83 Государственный кадастр отходов производства и потребления. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://oos.energo.gov.kz.

84 Эксплуатационные данные и данные разрешений из ОВОС с австрийских цементных заводов Wietersdorf. Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke GMBH) и Retznei; TWG CLM (2007.

85 Объединенная и отсортированная основная таблица комментариев по черновику 1 и информации Perlmooser AG. Вклад в критерии ввода отходов 2007.

86 ГОСТ Р 54095-2010 Ресурсосбережение. Требования к экобезопасной утилизации отработавших шин.

87 Castle Cement UK (2006). «Presentations and contributions from British cement plants during site visits».

88 «Metals database EuLA». EuLA. 2006.

89 Журавлев П.В., Классен В.К. Синтез низкоосновного малоэнергоемкого клинкера с использованием шлаков и получение высококачественного смешанного цемента // Известия вузов. Строительство. 2000 г. № 10. С. 40–44.

90 Коновалов В. М., Ткачев В. В. Химическая конверсия топлива в технологии портландцемента // Цемент и его применение. 2012 г. № 4. С. 106–108.

91 Классен В. К. Энергосбережение и повышение прочности цемента при использовании сталеплавильных шлаков в качестве сырьевого компонента / В. К. Классен, И. А. Морозова, И. Н. Борисов, О. С. Мандрикова // Middle-East Journal of Scientific Research [Электронный ресурс. Систем. требования: URL:http://idosi.org/mejsr/mejsr18(11)13/11.pdf]. 2013. № 18 (11). С. 1597–1601.

ПРОЕКТ DRAFT

Приложение А
(обязательное)

Коды ОКЭД и ОКПД 2, соответствующие области применения настоящего справочника НДТ

ОКПД 2*	Наименование продукции по ОКПД 2	Наименование вида деятельности по ОКЭД**	ОКЭД
		Раздел С. Обрабатывающая промышленность	
23.5	Цемент, известь, гипс	Производство цемента, извести и строительного гипса	23.5
23.51	Цемент	Производство цемента, включая клинкеры (производство цементных клинкеров и гидравлических цементов, включая портландцемент, глиноземистый, шлаковый и суперфосфатный цемент)	23.51
23.51.1	Цемент		
23.51.11	Клинкеры цементные		
23.51.11.000	Клинкеры цементные		
23.51.12	Портландцемент, цемент глиноземистый, цемент шлаковый и аналогичные гидравлические цементы		
23.51.12.110	Цементы общестроительные		
23.51.12.111	Портландцемент без минеральных добавок		
23.51.12.112	Портландцемент с минеральными добавками		
23.51.12.113	Шлакопортландцемент		
23.51.12.114	Портландцемент пуццолановый		
23.51.12.115	Цемент композиционный		
23.51.12.120	Портландцементы белые		
23.51.12.130	Портландцементы цветные		

ПРОЕКТ DRAFT

23.51.12.140	Портландцементы тампонажные		
23.51.12.190	Цементы прочие, не включенные в другие группировки***		
23.52	Известь и гипс	Производство негашеной, гашеной и гидравлической извести	23.52
23.52.1	Известь негашеная, гашеная и гидравлическая		
23.52.10	Известь негашеная, гашеная и гидравлическая		
23.52.10.110	Известь негашеная		
23.52.10.120	Известь гашеная		
23.52.10.130	Известь гидравлическая		

* Общий классификатор видов экономической деятельности (ОКЭД), НК РК 03-2019

** Государственный классификатор Республики Казахстан ГК РК 04-2008 Классификатор продукции по видам экономической деятельности (с изменениями и дополнениями по состоянию на 06.04.2016 г.)

*** В область применения настоящего справочника НДТ не входит глиноземистый цемент (ОКПД 2 23.51.12.150)

ПРОЕКТ DRAFT

Приложение Б

Экономическая оценка применения НДТ 10 «Использование вторичных ресурсов» на примере «Энергосберегающей технологии получения клинкера с использованием отходов угледобычи, свинцовых шлаков и тефритобазальта»

При использовании отходов угледобычи, свинцовых шлаков и тефритобазальта для получения портландцементного клинкера были получены следующие экономические выгоды:

1) средняя часовая производительность печи увеличилась с 30 т/ч до 34,5 т/ч, что есть -4,5 или на +15%;

2) расход натурального топлива (уголь) снизился с 380 кг/т до 307,8 кг/т, что есть -72,2 кг/т или на -19%.

При этом установлено улучшение работы печи, качество клинкера хорошее, содержание CaO свободной 0,5-1,5 %, обмазка в зоне спекания устойчивая, температура обжига снизилась на 100-110 °С.

Прочность экспериментальных сульфатостойких цементов через 28 сут при изгибе составляет 6,7 МПа, при сжатии 45,4 МПа. Прочность пропаренных образцов 4х4х16 см составила при изгибе 4,6 МПа, при сжатии 30,3 Мпа.

Технологическая схема энерго- и ресурсосберегающего производства цементов с использованием отходов угледобычи, тефритобазальта и свинцового шлака приведена ниже.

В таблице Б1 показан расчет экономического эффекта по НДТ 10. «Использование вторичных ресурсов» на примере использования отходов угледобычи, свинцовых шлаков и тефритобазальта при получении портландцементного клинкера для предприятия по производству цемента средней мощности.

ПРОЕКТ DRAFT

Таблица Б 1- Экономический эффект от использования отходов угледобычи, свинцовых шлаков и тефритобазальта для получения портландцементного клинкера на предприятии А (пример использования НДТ 10)

Входные параметры	Ед. изм.	Значение	Комментарии
Годовой выпуск цемента до внедрения НДТ	тонн в год	400,000	Объем взятый для примера для среднего предприятия по производству цемента
Процент увеличения годового выпуска цемента	%	15.0%	Источник: описание НДТ.
Цена реализации цемента	тенге за тонну	25,000	Источник: открытые источники, данные на 2021 год.
Процент клинкера в вещественном составе цемента	%	95.0%	Показатель согласно технологии производства цемента
Требуемый объем натурального топлива (угля) на тонну клинкера в виде коэффициента	тонна'тонну клинкера	0.38	Расчетные показатели согласно технологии
Процент снижения расхода натурального топлива (угля) после внедрения НДТ	%	19.0%	Источник: описание НДТ.
Стоимость натурального топлива (угля)	тенге за тонну	10,000	Источник: открытые источники, данные на 2021 год.
Ставка рентабельности до выплаты налогов	%	10.0%	Оценочные данные в среднем по предприятиям по производству цемента
Ставка корпоративного подоходного налога	%	20.0%	Источник: ставка по Налоговому кодекса РК

Расчет экономики	Ед. изм.	Значение	Комментарии
Годовой выпуск цемента до внедрения НДТ	тонн в год	400,000	
Годовой выпуск цемента после внедрения НДТ	тонн в год	460,000	
Итого увеличение доходной части	тенге	1,500,000,000	
Прибыль завода за счет дополнительно проданного цемента при рентабельности 10 %	***тенге***	***150,000,000***	
Требуемый объем натурального топлива до внедрения НДТ	тонн в год	166,060	
Требуемый объем натурального топлива после внедрения НДТ	тонн в год	134,509	При этом, коэффициент расхода на натуральное топливо снижется с 0,380 до 0,3078 тонна'тонну клинкера.
Итого экономия от расхода по натуральному топливу (угля)	***тенге***	***315,514,000***	
Итого дополнительная чистая прибыль после внедрения НДТ	***тенге***	***372,411,200***	*Дополнительная прибыль*

Предложенный пример по НДТ 10 считается "доступным" - не требует инвестиционных вложений, при этом увеличиваются доходы и снижается затраты на производства продукции (клинкера/цемента), таким образом выгода от внедрения данного примера НДТ составит на 372,4 млн. тенге в год по уровню цен на 2021 год.

Приложение В

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНИК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА

В1 Техника получения высокоактивного смешанного двухклинкерного портландцемента

Технология получения высокоактивного смешанного двухклинкерного цемента основана на тонком измельчении смешанных в определенном соотношении клинкеров с высоким и низким коэффициентами насыщения [89].

Прочностные свойства смешанного двухклинкерного цемента (СДКЦ) на основе клинкера с КН = 0,91 с добавками клинкера с КН = 0,76 представлены на рисунке В1.

Рисунок В1 - Прочность при сжатии смешанного двухклинкерного цемента

СДКЦ можно получать:

- путем смешивания клинкеров с КН=0,91 и КН=0,76; требует раздельного приготовления шлама с различными характеристиками;
- вводом в рядовой сырьевой шлам 30% шлака с последующим обжигом такого шлама в одной из печей.

Вариант получения СДКЦ с применением шлака на одном составе шлама представлен на рисунке Б2.

По данной схеме была выпущена опытная партия цемента на ряде цементных заводов которая доказала эффективность применения такого способа

Экологический эффект от применения данной технологии заключается в снижении энергозатрат при обжиге низкоосновного клинкера, снижении выбросов CO_2,

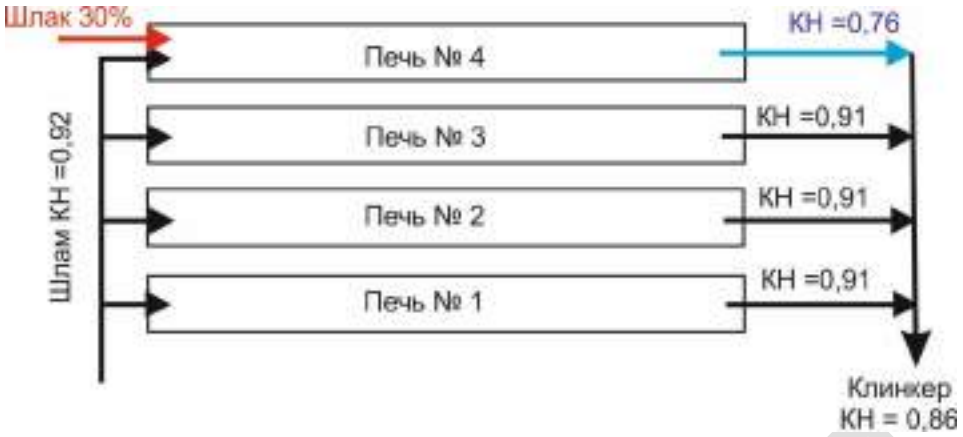


Рисунок В2 – Схема получения СДКЦ на одном составе шлама

В2 Техника применения метода химической регенерации тепла при производстве цемента

Сущность химической регенерации теплоты (ХРТ) клинкера, выходящего из печи, заключается в использовании его теплосодержания для предварительной эндотермической переработки исходного топлива, которое при этом получает повышенное количество химически аккумулированной теплоты, а также физически подогревается [90].

На рисунке В3 представлена принципиальная схема применения метода ХРТ для утилизации теплоты клинкера, выходящего из вращающейся печи сухого способа производства.

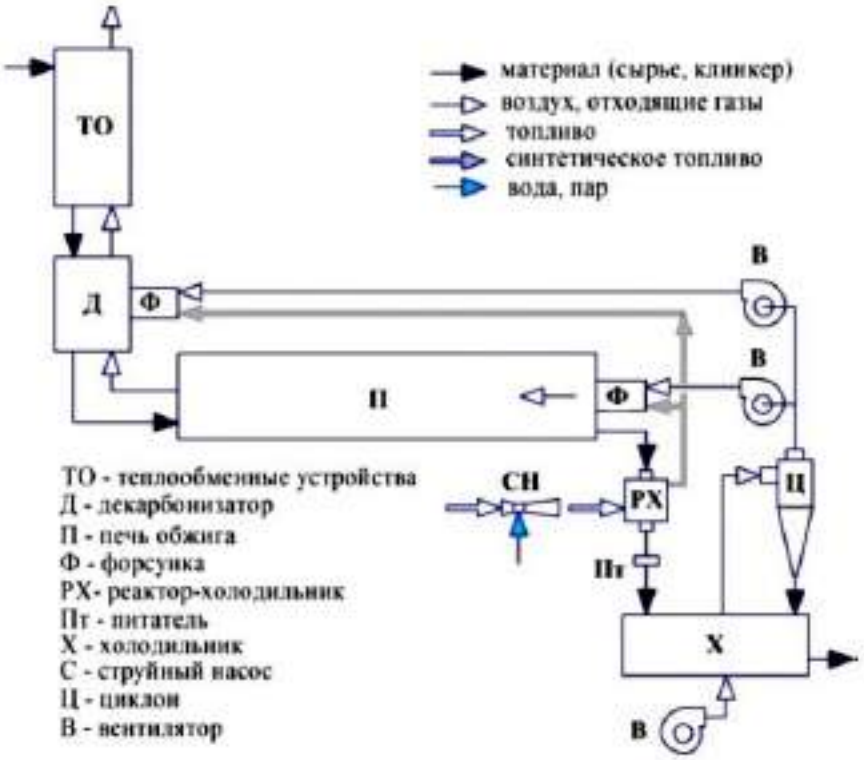


Рисунок В3 – Схема реализации метода химической регенерации теплоты клинкера

Сырье для производства цементного клинкера последовательно проходит термообработку в теплообменнике (ТО), декарбонизаторе (Д) и далее обжигается

во вращающейся печи (П). Обожженный продукт – клинкер выходит из вращающейся печи с температурой 1300-1400 °С и поступает на первую стадию охлаждения в реактор-холодильник (РХ), в который также подается природный газ и окислитель (водяной пар, углекислый газ или их смесь из отходящих печных газов). Синтезированное топливо с температурой порядка 1000 °С поступает в форсунки (Ф) печи и декарбонизатора, в эти же форсунки вентиляторами (В) подается необходимое для сгорания топлива количество воздуха. Циклон (Ц) предназначен для отделения воздуха от клинкерной пыли. Питатель (Пт), устанавливаемый за РХ, служит для поддержания заданного слоя клинкера и исключения подсосов воздуха в РХ. Охлажденный до заданной температуры клинкер поступает из РХ в питатель и далее в традиционный холодильник (Х), где производится окончательное охлаждение.

Ввиду особенностей подачи топлива и воздуха на горение, применение метода ХРТ предполагает проведение изменений выходной части печи и шахты холодильника (рисунок В4).

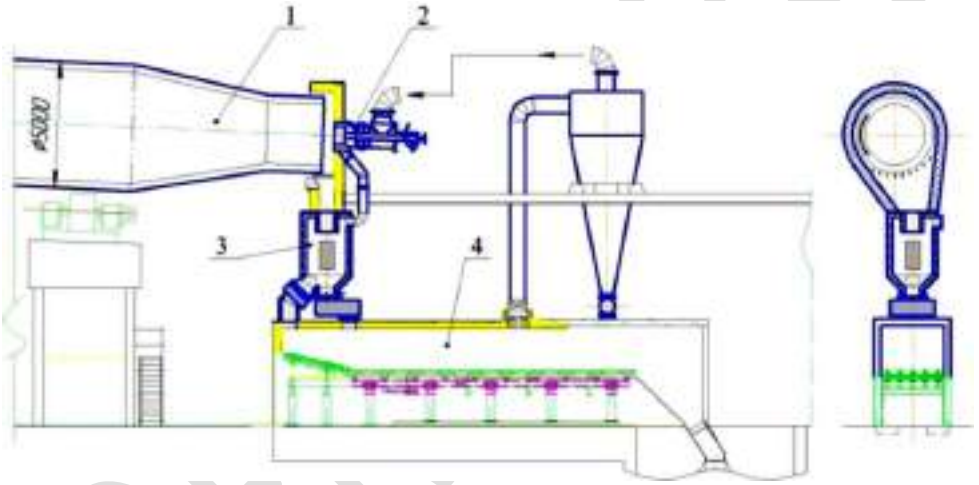


Рисунок В4 – Схема технической реализации метода ХРТ

Горячий конец печи 1, выполнен с максимально уменьшенным диаметром, а шахту холодильника заменяют на разгрузочную течку. Весь воздух для сжигания топлива подают через форсунку 2. В связи с этим зона охлаждения в печи практически отсутствует, и охлаждение клинкера начинается в реакторе-холодильнике (РХ) 3.

Применение технологии ХРТ обеспечивает снижение расхода натурального топлива, решает проблему снижения выбросов трехатомных газов в атмосферу (в частности, CO_2) и повышает эффективность горения топлива.

В3 Техника эффективной утилизации тепла и очистки отходящих газов при мокром способе производства цемента

Предлагается использование специального скруббера для обеспыливания газов, выходящих из вращающейся печи [91] (рисунок В5).

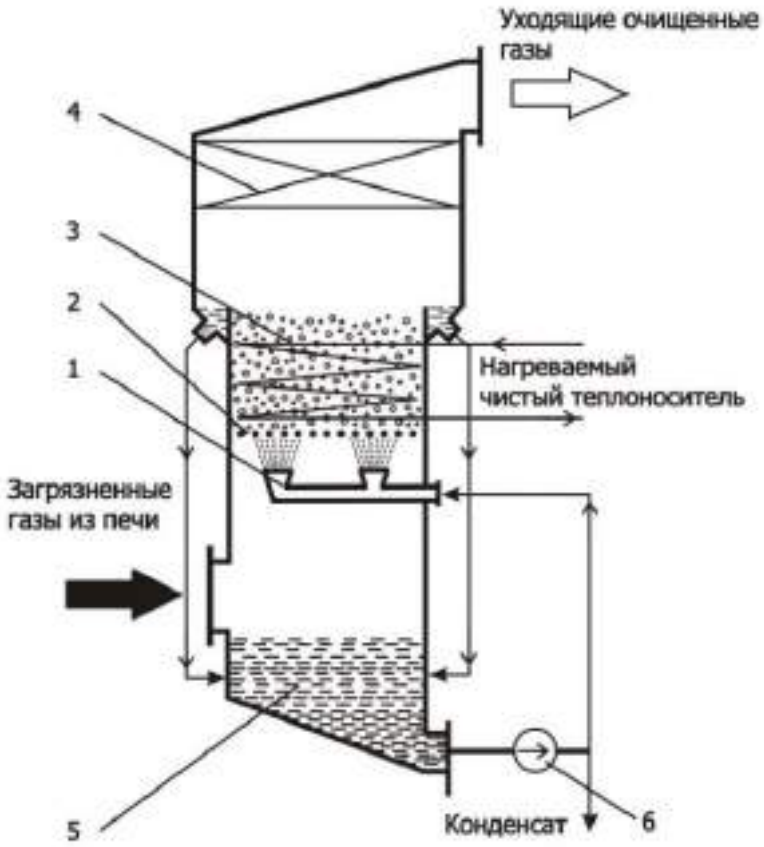


Рисунок В5 – Принципиальная схема скруббера энерготехнологической обработки газов: 1 – распылительные форсунки; 2 – опорно-распределительная решетка; 3 – трубный пучок; 4 – каплеуловитель; 5 – бак сбора конденсата; 6 – насос

Использование данного аппарата наиболее эффективно для очистки отходящих из печи газов по мокрому способу производства в связи с их высоким влагосодержанием. При этом достигается эффективная утилизация теплоты, включая скрытую теплоту парообразования, а так как твердые частицы становятся центрами конденсации водяных паров, то эффективность пылеулавливания в данном аппарате достигает 99,99%, что подтверждено промышленными испытаниями.

Теплоту отходящих газов можно применять для нагрева чистой воды, применяемой в качестве теплоносителя для обогрева производственных и жилых помещений. При замене воды на легкокипящий теплоноситель (пентан) возможна генерация дополнительного количества электроэнергии в турбинах.

Образующаяся в аппарате суспензия направляется на приготовление шлама, что обеспечивает экономию водных ресурсов, топлива и предотвращение замерзания шлама в зимнее время.

Экологический эффект от использования предлагаемой технологии заключается в снижении энергозатрат на обжиг клинкера и в снижении выбросов пыли из печи.

В4 Техника использования отвальных электрометаллургических шлаков для производства цемента

Предлагается производить послойную шихтовку в отвальной яме расплавленного шлака и мела с получением коэффициента насыщения смеси, близкого к КН рядового сырьевого шлама [91].

Данный способ применения шлака обеспечивает частичную декарбонизацию мела, снижение расхода тепла на обжиг клинкера и исключает приготовление дополнительного шлама с высоким КН. В дальнейшем полученную шлако-мело-известковую смесь предполагается подавать совместно с рядовым сырьевым шламом с холодного конца печи для получения цементного клинкера.

Для реализации данного способа предлагается технологическая схема, представленная на рисунке В6, по которой приготовление шлако-меловой шихты с использованием теплоты расплавленного шлака будет обеспечиваться еще на шлакоотвалах.

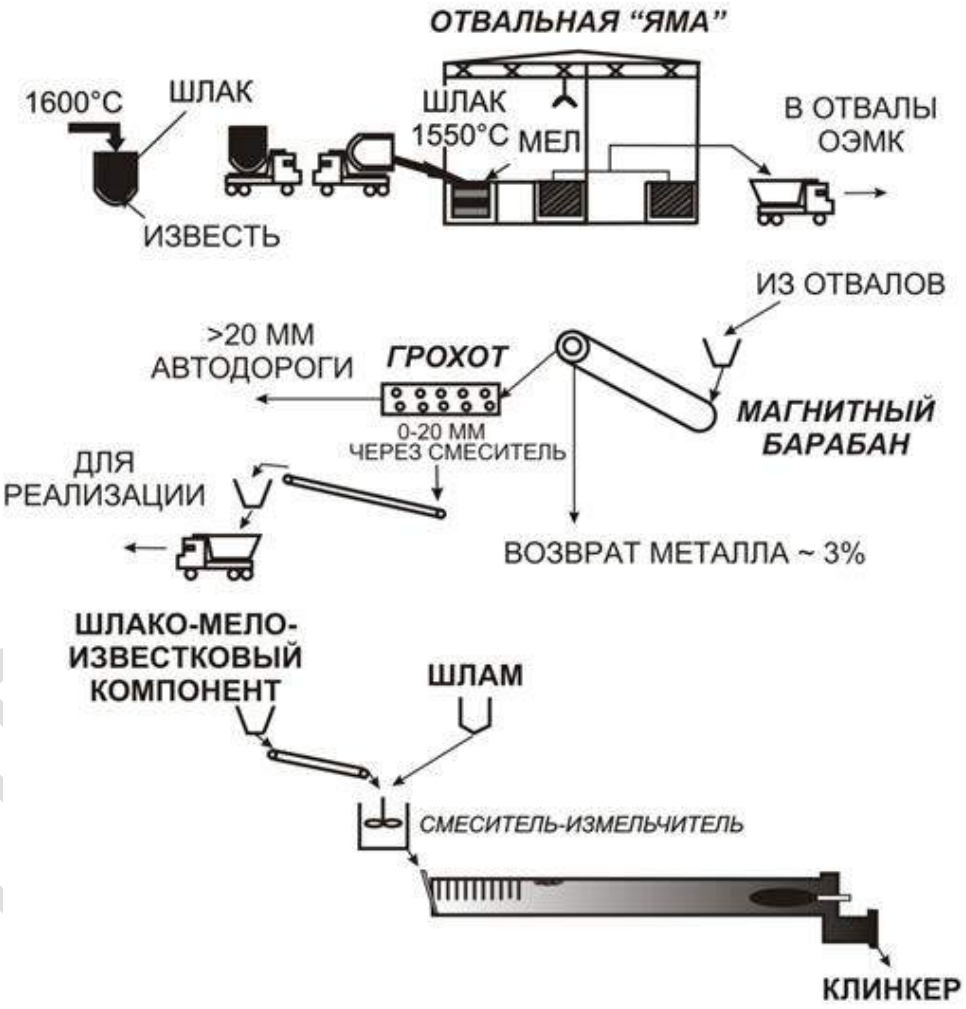


Рисунок В6 – Предлагаемая технологическая схема применения шлака

Для этого расплавленный шлак необходимо выливать на подстилающий слой предварительно измельчённого мела с естественной влажностью. Это обеспечит необходимый химический состав шихты, сушку и частичную декарбонизацию мела при охлаждении шлака. Полученная шихта в дальнейшем будет подвергаться удалению железа на магнитном барабане, фракционированию

на вращающемся грохоте и усреднению в смесителе, а затем транспортироваться на цементный завод.

Перед подачей в печь шлако-мело-известковый компонент будет смешиваться со шламом в пропеллерном смесителе-измельчителе.

Альтернативные варианты совместного применения шлака, извести и рядового сырьевого шлама для получения высококачественного клинкера:

– предварительно измельчённую в валковой дробилке известь подавать с холодного конца печи совместно со шлаком и шламом (рисунок В7);

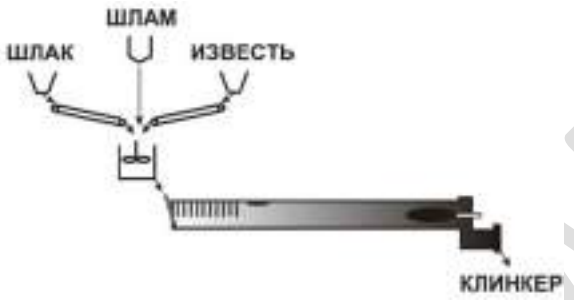


Рисунок В7 – Подача шлака, извести и шлама с холодного конца печи

– предварительно измельченную в валковой дробилке известь подавать совместно с пылью электрофильтров за цепную завесу (рисунок В8);

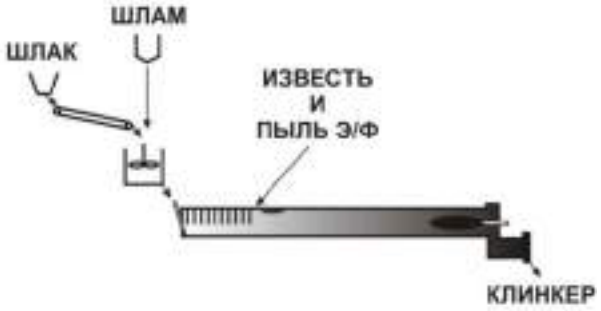


Рисунок В8 – Подача извести за цепную завесу, а шлака и шлама – с холодного конца печи

– предварительно измельченную в валковой дробилке известь подавать совместно со шлаком за цепную завесу (рисунок В9).

Рисунок В9 – Подача извести и шлака за цепную завесу

При этом необходимо намертво обжигать известь (выше 1200 °С с выдержкой более 1 часа) и обеспечить среднюю степень спекания клинкера, не допуская «пережога» или «слабого» обжига.

ПРОЕКТ ДРАФТ

Экологический эффект от применения данной технологии заключается в снижении энергозатрат на обжиг клинкера, снижении выбросов CO_2,

Б5 Техника использования карбидной извести, доменных и фосфорных шлаков для производства цемента

В Республике Казахстан на заводах г. Темир-Тау образуется несколько видов многотоннажных отходов промышленности, представляющих интерес для использования в качестве сырья для получения портландцементного клинкера и активной минеральной добавки при помоле цемента. Это доменный шлак, карбидная известь, золошлаковые отходы и др.

Карбидная известь - пушонка является побочным продуктом карбидно-ацетиленового производства и образуется на Карагандинском заводе синтетического каучука г. Темир-Тау.

Карбидная известь, представляющая собой в основной массе $Ca(OH)_2$ с примесями Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2 , имеет повышенную влажность ~ 8 %. Полуторные оксиды (Al_2O_3 + Fe_2O_3) составляют 1,5-3 %, включения железа в виде ферросиликатов – 0,5 %.

В процессе исследований установлено, что сырьевые шихты из карбидной извести, гранулированных доменных и фосфорных шлаков обладают хорошей спекаемостью. Процессы клинкерообразования при КН = 0,67 завершаются при 1200 ^{0}С. Более высокоосновные сырьевые смеси с КН = 0,90-0,95 достаточно обжигать при температуре 1300-1350 ^{0}С, благодаря эффективным минерализующим действиям вводимых добавок и компонентов фосфорного шлака.

Разработанная техника получения цемента из карбидной извести и гранулированных фосфорных или доменных шлаков, содержащих 45-67 % CaO, позволяет получить безизвестняковые сырьевые смеси. Устраняется необходимость добычи, дробления и складирования известняка, добычи и размучивания глинистого компонента [38].

Полное отсутствие в сырьевой смеси карбоната кальция устраняет необходимость эндотермического процесса диссоциации $CaCO_3$, протекающего с потреблением большого количества тепла. Замена глины непластичными шлаками и карбидной известью при мокром способе производства приводит к снижению влажности сырьевого шлама на 5-10 %, что уменьшает объем выбрасываемых в атмосферу дымовых газов, облегчает их очистку, способствует оздоровлению атмосферы и снижению расхода топлива на высушивание шлама. Кроме того, фосфорные шлаки и вводимый минерализатор интенсифицируют процессы клинкерообразования, ускоряют спекание клинкера, снижают расход топлива, температура обжига клинкера составляет 1250-1300 ^{0}С.

В6 Техника использования отходов дробления известняка и фосфорных шлаков для производства цемента

Отход, образующегося после дробления и обогащения известняка

ПРОЕКТ ДРАФТ

характеризуется дисперсностью 0-15 мм, что позволяет направлять его на помол в сырьевые мельницы, исключая при этом стадию дробления.

Разработаны два варианта технологических схем с использованием отхода известняка:

I-вариант - Ресурсосберегающая технология. Мокрому помолу подвергается сырьевая смесь «отход известняка + лесс + огарки». Шлам с влажностью 37 % обжигается в печи при Т – 1450 ^{0}С (рисунок В10).

II-вариант – Энерго- и ресурсосберегающая технология. Мокрому помолу подвергается отход известняка, поступающий с отвала, и огарки. Шлам готовится с влажностью 32 %. Весь фосфошлак (18,5 %) подается с холодного конца печи. При этом общая влажность обжигаемой массы составляет 26 %. Завершение процессов клинкерообразования в известняково-фосфорно-шлаковых (ИФШ) смесях происходит при 1300-1350 ^{0}С. Стадии добычи и дробления известняка в обеих технологических схемах отсутствуют (рисунок В11).

Предлагаемые энерго- и ресурсосберегающие технологии производства лишены многих недостатков сухого способа и обладает рядом преимуществ обоих традиционных способов производства клинкера.

1. Введение во вращающуюся печь 20-30 % немолотого фосфорного шлака оказывает сильное минерализующее действие, снижает расход тепла и топлива по сравнению с мокрым способом на 30-40 %, повышает производительность печи на 20-30 %. Температура спекания клинкера снижается до 1300 ^{0}С. При этом удельный расход тепла по предлагаемому способу составляет 3300-3700 кДж/кг клинкера, удельный расход условного топлива составляет 115-125 кг/т клинкера (аналогичен сухому способу).

2. Устраняется необходимость эксплуатации глино-подготовительного отделения. Ликвидируется необходимость разработки карьера глины, транспортировки, сушки и помола глины при сухом способе, глиноболтушек при мокром способе, устраняется необходимость строительства емкостей для хранения и гомогенизации глиняного шлама и всего сопутствующего вспомогательного и дозирующего оборудования.

3. Фосфорный шлак подается в печь в немолотом состоянии в виде гранулированного шлака или мелкого щебня. Вследствие этого мощность сырьевого цеха рассчитывается только для тонкого помола известнякового сырьевого шлама. Это позволит снизить капитальные затраты, стоимость оборудования и расход электроэнергии на помол сырьевой шихты, ее транспортирование к бассейнам и печам, гомогенизацию шлама на 20-30 %.

4. В предлагаемом энергосберегающем способе уменьшается объем дымовых газов, так как снижается на 30-40 % расход топлива по сравнению с мокрым способом. Фосфошлак вносит в сырьевую смесь 8-20 % оксидов кальция, находящихся в виде CaO, а не карбонатов $CaCO_3$.

DRAFT

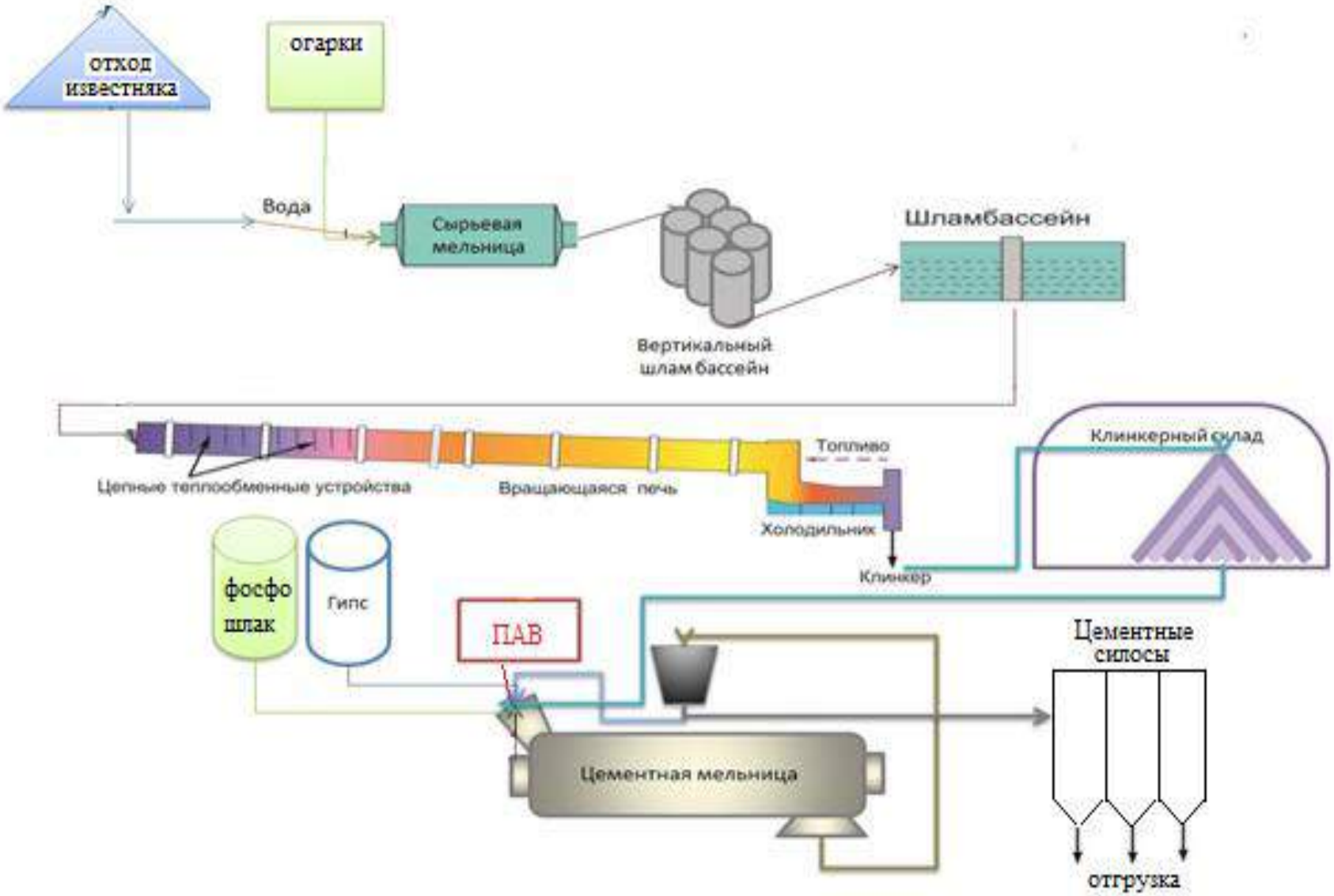


Рисунок В10 - Ресурсосберегающая технология с заменой карьерного известняка на отход дробления

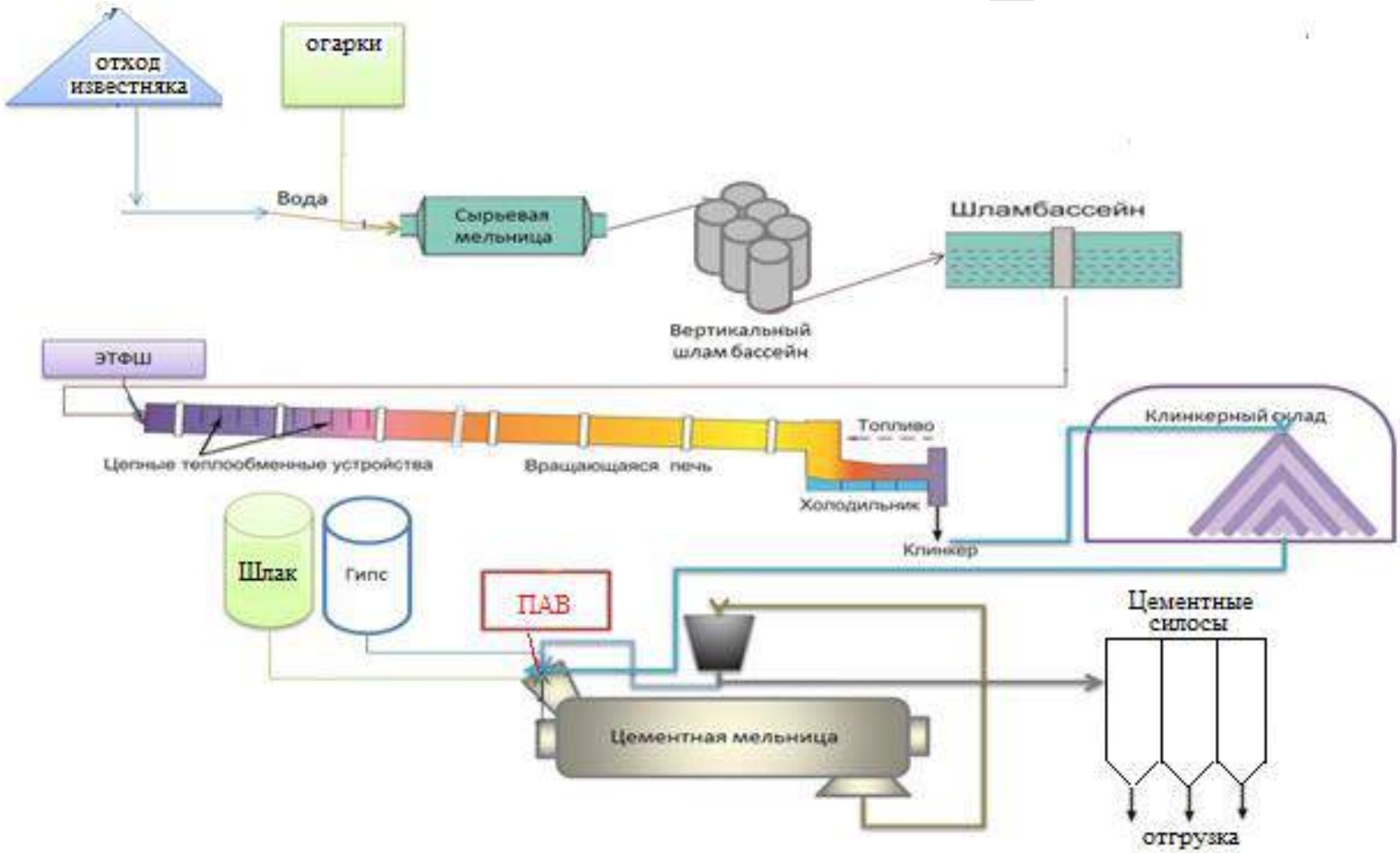


Рисунок В11 - Ресурсоэнергосберегающая технология с заменой карьерного известняка на отход дробления и дополнительным питанием печи фосфорным шлаком

Это уменьшает общий объем дымовых газов и содержание в нем CO_2.

5. Расход воды на приготовление известнякового шлама будет в 1,5-2 раза ниже по сравнению с мокрым способом за счет меньшей влагопотребности известняка, использования разжижителей шлама и подачи в печь, минуя сырьевой цех 20 % фосфорного шлака.

ПРОЕКТ DRAFT