

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ»

Грачев Андрей Николаевич



2024



### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ

Производственный комплекс для термохимической переработки отходов методом пиролиза

Руководитель научного отдела

Забелкин Сергей Андреевич

Руководитель технического отдела

Макаров Александр Александрович

					ТР 02/01-2024			
					Технологический регламент	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разраб.		Забелкин С.А.						
Провер.								
Т. Контр.		Макаров А.А.				Лист 1	Листов 67	
Реценз.					ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ»			
Н. Контр.								
Уте.		Грачев А.Н.						

1.	Общая характеристика производства .....	5
2.	Стадии технологического процесса.....	10
2.1.	Подготовка сырья .....	10
2.2.	Сушка.....	11
2.3.	Пиролиз.....	12
2.4.	Обработка ПГС .....	13
2.5.	Стадия обработки твёрдых продуктов .....	13
2.6.	Очистка отходящих газов .....	16
3.	Описание технологического процесса .....	21
3.1.	Физико-химическая картина технологического процесса .....	21
3.2.	Схема технологического процесса .....	23
4.	Основные правила пуска и остановки установки .....	25
4.1.	Порядок запуска .....	25
4.2.	Порядок остановки .....	26
4.3.	Действия в экстренных условиях.....	27
4.4.	Возможные неполадки в работе и способы их ликвидации .....	29
5.	Материальный баланс установки производительностью 10 тыс. т/год.....	30
5.1.	Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов .....	31
5.2.	Нормы образования отходов производства .....	31
6.	Контроль производства и управление технологическим процессом.....	35
6.1.	Модуль загрузки .....	35
6.2.	Реакторный модуль .....	35
6.3.	Модуль выгрузки.....	36
6.4.	Энергетический модуль .....	36
6.5.	Сушильный модуль первой стадии .....	37
6.6.	Сушильный модуль второй стадии.....	37
6.7.	Механизированный склад сырья.....	37
6.8.	Скруббер.....	37
7.	Основные правила безопасной эксплуатации комплекса SPP01 .....	38

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
						2
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

7.1.	Безопасная эксплуатация производств.....	39
7.2.	Техника безопасности и охрана труда .....	40
7.3.	Требования к безопасности используемого оборудования и обеспечению производственной безопасности .....	42
7.4.	Требования к электробезопасности на производстве.....	43
7.5.	Требования к воздуху рабочей зоны .....	43
7.6.	Требования к расположению модулей установки .....	45
8.	Контроль качества продукции.....	45
9.	Охрана окружающей среды.....	47
10.	Комплектность технической документации.....	48
11.	Пример описания производственного комплекса SPP01-1-10000/500.1- 610.42E8.11204.10450.C014.FC4 .....	48
11.1.	Технологическая схема производства.....	51
11.1.1.	Модуль загрузки.....	52
11.1.2.	Реакторный модуль .....	53
11.1.3.	Модуль выгрузки.....	54
11.1.4.	Энергетический модуль.....	55
11.1.5.	Сушильный модуль первой стадии .....	56
11.1.6.	Сушильный модуль второй стадии .....	57
11.1.7.	Скруббер .....	58
11.1.8.	Механизированный склад сырья .....	59
11.2.	Спецификация на основное технологическое оборудование и технические устройства.....	59
12.	Сравнение с ИТС 9-2020 Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами.....	61
13.	Перечень используемых сокращений.....	67
14.	Список литературы: .....	67
Приложение А. Разделение перерабатываемых отходов по кодам отраслевого назначения технологии		
Приложение Б. Схема комплекса SPP01		
Приложение В. Краткое описание ОПИ		
Приложение Г. Класс опасности углистого остатка		

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		3

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Приложение Д. Состав стоков с щелочного скруббера

Приложение Е. Общий вид комплекса

Приложение Ж. Состав газовых выбросов (коммунальный иловый осадок)

Приложение З. Параметры сточной воды конденсации топочных газов (коммунальный иловый осадок)

Приложение И. Нормы технологического режима

Приложение К. Каталожный лист продукции и ТУ 20.13.21-005-55896839-2023 Углистый остаток

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

### 1. Общая характеристика производства

- полное наименование производства – Производственный комплекс для термохимической переработки отходов методом пиролиза;

- краткое наименование производства – Комплекс переработки отходов;

- год ввода в эксплуатацию – 2023;

- мощность производства (проектная и достигнутая на момент составления регламента) – проектная производительность комплекса составляет от 500 до 500000 т/год (от 63 до 63131 кг/ч) по исходному сырью и от 396 до 39600 т/год (от 50 до 5000 кг/ч) по сухому сырью. Достигнутая производительность составляет 1200 кг/ч по сырью (иловые осадки) с влажностью 90%. Изменение производительности не вносит изменений в технологический процесс.

- количество технологических линий (потоков), стадий –

одна технологическая линия – линия переработки отходов;

шесть технологических стадий – подготовка сырья, сушка, пиролиз, обработка парогазовой смеси, обработка угля, очистка отходящих газов. Схема технологического процесса представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема технологического процесса

Технология может реализовываться в различных вариантах, одна или несколько стадий могут отсутствовать.

Подготовка сырья может включать в себя сортировку, измельчение и другие методы обработки сырья.

Сушка может быть реализована различными способами в зависимости от свойств сырья, доступности тепловой энергии и др.

Пиролиз заключается в термическом разложении без доступа воздуха. В результате пиролиза образуются парогазовая смесь и биоуголь. Парогазовая смесь может быть использована методами, представленными в табл. 5.

Биоуголь (углистый остаток) подвергается охлаждению, кондиционированию, стабилизации. Углистый остаток (ТУ 20.13.21-005-55896839-2023) может применяться в качестве твёрдого топлива, сорбента для очистки газов, восстановителя, как добавка в грунт, в

					ТР 02/01-2024	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		5

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально  
качестве наполнителя при производстве материалов, в том числе, лёгких бетонов, для дорожного строительства, для рекультивации и др.

Стадия очистки отходящих газов приводит состав газовых выбросов в соответствие с требуемыми нормами, может включать в себя химические, механические и другие методы очистки.

Общий вид (пример) шифра:

SPP01-2-30000/400.5-300.4448.1204.450.5000.D86

SPP –код отраслевого назначения комплекса (для переработки отходов очистки сточных вод, отходов животного происхождения);

01 – техническое исполнение (поколение) – изменяется при внесении изменений в конструкцию и усовершенствование;

2 – порядковый номер комплекса;

30000/400.5 – идентификатор производительности комплекса, включает в себя:

числитель (30000) – производительность по исходному сырью, т/г,

первое число в знаменателе (400) – производительность пиролизного реактора по сухому сырью, кг/ч,

второе число в знаменателе (5)– количество реакторов пиролиза;

В приложении А представлены коды ФККО отходов, переработка которых возможна на комплексе SPP. Все перечисленные отходы являются различными видами осадков и других близких к ним видов отходов. Представленные далее результаты получены на смешанных (промышленных и бытовых) иловых осадках сточных вод, которые являются отходом с наиболее сложным составом, так как включает в себя как отходы производств, так и ЖКХ.

Технология пригодна для реализации в разных масштабах (*спроектированы установки разной производительности*). Диапазоны производительности представлены в таблице 1.

Таблица 1. Диапазоны производительности технологии

Параметр	Диапазон
Производительность по исходному сырью	от 63 до 63131 кг/ч от 500 до 500000 т/г
Производительность пиролизного реактора по сухому сырью	от 50 до 5000 кг/ч от 396 до 39600 т/г

					ТР 02/01-2024	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		6

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

В шифре далее обозначаются характеристики каждой из шести стадий процесса.  
Характеристики представлены в таблицах 2-7.

Таблица 2. Характеристики стадии подготовки сырья

№	1. Стадия подготовки сырья	Наличие
01.	Хранение сырья	1 или 0
02.	Автоматизированная подача сырья	1 или 0
03.	Механическая подготовка сырья измельчением	1 или 0
04.	Пеллетирование, брикетирование сырья	1 или 0
05.	Магнитная сепарация	1 или 0
06.	Сортировка сырья (гидро-, аэро-)	1 или 0
07.	Тепловая обработка сырья (подогрев, термомодификация)	1 или 0
08.	Смешение сырья с добавками (реагенты, сухое сырье и т.д.)	1 или 0
09.	Отжим сырья	1 или 0
10.	Технологическая выдержка сырья	1 или 0
11.	Другие методы подготовки сырья	1 или 0

Таблица 3. Характеристики стадии сушки сырья

№	2. Стадия сушки сырья	Наличие
01.	Конвективная сушка	1 или 0
02.	Кондуктивная сушка	1 или 0
03.	Нагрев излучением	1 или 0
04.	Атмосферная сушка	1 или 0
05.	Одностадийная сушка	1 или 0
06.	Двух стадийная сушка	1 или 0
07.	Многостадийная сушка (3 и более стадий)	1 или 0
08.	Сушка с использованием рекуперативного/регенеративного тепла, образующегося в процессе	1 или 0
09.	Механическое перемешивание	1 или 0
10.	Сушка с использованием тепла сконденсированной влаги, испаренной в процессе сушки	1 или 0
11.	Ленточная сушилка	1 или 0
12.	Барабанная сушилка	1 или 0
13.	Сушка пневмотранспортом	1 или 0

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ТР 02/01-2024

Лист

7

14.	Сушка в псевдооживленном слое	1 или 0
15.	Другие методы сушки сырь	1 или 0

Таблица 4. Характеристики стадии пиролиза

№	3. Стадия пиролиза	Наличие
01.	Механическая подготовка сухого сырь	1 или 0
02.	Тепловая подготовка сухого сырь	1 или 0
03.	Смешивание сырь с катализатором	1 или 0
04.	Смешивание сырь с инертным наполнителем	1 или 0
05.	Пиролиз при пониженном давлении	1 или 0
06.	Пиролиз при повышенном давлении	1 или 0
07.	Окислительный пиролиз (с частичным окислением для разогрева)	1 или 0
08.	Пиролиз со стадией прокали	1 или 0
09.	Одностадийный пиролиз сырь	1 или 0
10.	Двух стадийный пиролиз сырь	1 или 0
11.	Многостадийный пиролиза сырь (3 и более стадий)	1 или 0
12.	Каталитический пиролиз сырь	1 или 0
13.	Пиролиз сырь с инертным наполнителем	1 или 0
14.	Пиролиз сырь в режиме торрефикации	1 или 0
15.	Пиролиз с предварительной тепловой обработкой сырь (плавление)	1 или 0
16.	Пиролиз с механической активацией	1 или 0
17.	Рецикл части продуктов конденсации	1 или 0
18.	Другие методы пиролиза	1 или 0

Таблица 5. Характеристики стадии обработки парогазовой смеси

№	4. Стадия обработки парогазовой смеси	Наличие
01.	Очистка парогазовой смеси от твердых веществ и механических примесей	1 или 0
02.	Конденсация паров	1 или 0
03.	С конденсацией паров в одну стадию	1 или 0
04.	С конденсацией паров в две стадии	1 или 0
05.	С конденсацией паров в несколько стадий (3 и более)	1 или 0
06.	Сжигание неконденсированных газов	1 или 0
07.	Сжигание парогазовой смеси	1 или 0

08.	Очистка неконденсированного газа (в т.ч. электрофильтрами)	1 или 0
09.	Сжигание части парогазовой смеси	1 или 0
10.	С использованием неконденсированного газа в ДВС и тепловых машинах	1 или 0
11.	С использованием тепла сжигания ПГС на процесс сушки и пиролиза	1 или 0
12.	С использованием тепла сжигания газа для энергетических и технологических целей (нагрев воды, получение пара, теплиц, бассейнов, прудов и т.д.), рекуперация тепла	1 или 0
13.	Сжигание стороннего топлива	1 или 0
14.	С использованием катализатора для облагораживания ПГС	1 или 0
15.	С обработкой жидких продуктов пиролиза (отстаивание, центрифугирование, сверхкритическое разделения, экстракция, тепловая обработка, гидродеоксигинация, другие нефтехимические методы, компаундирование и эмульгирование)	1 или 0
16.	Использование неконденсированного газа для получения химических продуктов	1 или 0
17.	Другие методы обработки и утилизации парогазовой смеси	1 или 0

Таблица 6. Характеристики стадии обработки твёрдых продуктов

№	5. Стадия обработки твёрдых продуктов	Наличие
01.	Охлаждение угля	1 или 0
02.	Стабилизация угля	1 или 0
03.	Брикетирование угля	1 или 0
04.	Активация угля	1 или 0
05.	Сжигание угля	1 или 0
06.	Механическая обработка угля (измельчение, обработка поверхности угля)	1 или 0
07.	Химическая обработка угля	1 или 0
08.	Использование угля для очистки потоков в технологическом процессе	1 или 0
09.	Смешивание угля с добавками	1 или 0
10.	Сортировка угля	1 или 0
11.	Изготовление водоугольного топлива	1 или 0
12.	Получение строительных материалов	1 или 0
13.	Стадия прокалки угля	1 или 0

14.	Изготовление почвогрунта	1 или 0
15.	Изготовление сорбента	1 или 0
16.	Другие методы обработки и утилизации твёрдых продуктов	1 или 0

Таблица 7. Характеристики стадии очистки отходящих газов

№	6. Стадия очистки отходящих газов	Наличие
1.	Очистка отходящих газов после сушиллки	1 или 0
2.	Очистка отходящих газов после сжигания ПГС	1 или 0
3.	Очистка отходящих газов с утилизацией и рекуперацией тепла	1 или 0
4.	Очистка отходящих газов сорбентом	1 или 0
5.	Очистка отходящих газов кислым скруббером	1 или 0
6.	Очистка отходящих газов щелочным скруббером	1 или 0
7.	Очистка отходящих газов нейтральным скруббером	1 или 0
8.	Очистка отходящих газов биофильтром	1 или 0
9.	Очистка отходящих газов электрофильтром	1 или 0
10.	Мокрая очистка отходящих газов	1 или 0
11.	Очистка отходящих газов центробежными сепараторами	1 или 0
12.	Другие методы очистки	1 или 0

Каждая строка в приведённых выше таблицах маркируется знаком 0 или 1. В результате получается 6 чисел в двоичной системе вида: 11000010000. 100001011101000. 010001001000000100. 10000010001010000. 1100000000010100. 111111000100. Цифровая последовательность двоичного кода переводится в 16-ричную систему для экономии места в обозначении: 610.42E8.11204.10450.C014.FC4. Получаем итоговое обозначение производственного комплекса SPP01-1-10000/500.1- 610.42E8.11204.10450.C014.FC4.

## 2. Стадии технологического процесса

### 2.1. Подготовка сырья

Перечень видов отходов, переработка которых может осуществляться с помощью комплекса, представлен в Приложении А.

Сырьё от сторонних юридических лиц и индивидуальных предпринимателей должно сопровождаться паспортом отхода I – IV классов опасности и результатами входящих радиологических исследований уровня гамма-излучения.

Требования к исходному сырью представлены в таблице 8.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10

Таблица 8. Основные требования к качеству исходного сырья

Параметр, единица измерения	Величина
Исходная влажность сырья, %, не более	92
Зольность, %, не более	41
Массовая доля минеральных примесей размером менее 10 мм, %, не более	1
Массовая доля минеральных примесей размером более 20 мм, %	не допускается
Массовая доля металлических включений, %	не допускается
Радиационный уровень гамма-излучения	

Подготовка сырья в соответствии с требованиями осуществляется поставщиком до поступления на установку. Входящее сырьё подвергается предварительному входному контролю визуальными методами.

Стадия подготовки сырья может иметь характеристики, представленные в таблице 2.

## 2.2. Сушка

Стадия сушки предназначена для снижения влажности исходного сырья до требуемой для реакции пиролиза (10-15% мас.). Стадия может проводиться различными методами, а при использовании сухого сырья может отсутствовать.

Исходное сырьё подаётся автотранспортом, либо другими средствами (транспортёр, шнек) в механизированный склад подачи (12) (см. схему приложение Б) для создания страхового запаса сырья. Оттуда сырьё шнековыми транспортёрами автоматически подаётся в бункер подачи сушильного модуля первой стадии (8). В сушильном модуле первой стадии (8) обеспечивается ворошение, перемещение, перемешивание сырья и его взаимодействие с сушильным агентом. По мере высыхания куски сырья измельчаются, образуя новую поверхность массообмена, в результате чего сырьё высыхает до влажности 45% и становится рассыпчатым, в виде «гранул». Далее сырьё подаётся на вторую ступень сушки в ленточную сушильную камеру (9), где досушивается до нормируемых значений влажности (допустимо до 15%). Пылевидные частицы сырья выводятся из сушильного модуля первой стадии (8) вместе с отработанным сушильным агентом и отделяются от него в циклоне (10).

Сушильный агент в сушильном модуле первой стадии (8) представляет собой смесь топочных газов из энергетического модуля (4) и формируется путём сжигания пиролизного и

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		11

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально  
 природного газов. Нагрев сушильного агента в сушильном модуле второй стадии (9) осуществляется теплообменниками (водо-водяными), а его циркуляция осуществляется вентиляторами.

Сушильный агент из сушильного модуля первой стадии (8) после циклона (10) откачивается дымососом в систему охлаждения и очистки газов на базе скруббера (11) и модуля очистки газов (13). В скруббере (11) происходит снижение температуры сушильного агента за счёт орошения водой, часть влаги конденсируется, в результате чего выделяется тепловая энергия. Тепловая энергия конденсации пара передаётся через теплообменное устройство теплоносителю, который, в свою очередь, направляется на охлаждение в сушильный модуль второй стадии (9). Избыток конденсационной воды после охлаждения отводится в качестве сточной воды. Образование конденсационной воды из 1000 кг сырья при начальной влажности:

90% – 818-888 кг

70% – 454-666 кг

50% – 91-443 кг

30% – 66-222 кг

Стадия сушки может иметь характеристики, представленные в таблице 3.

### 2.3. Пиролиз

Стадия пиролиза является основной стадией термического разложения, на которой исходное сырьё подвергается температурному воздействию без доступа кислорода. В результате происходит термическое разложение с образованием твёрдых и парогазовых продуктов.

Высушенное до 12% сухое сырьё из сушильного модуля второй стадии (9) (см. схему приложение Б) подаётся с заданной производительностью с помощью модуля загрузки сырья (1) в реакторный модуль (2). В реакторном модуле (2) под действием теплоты, образуемой в энергетическом модуле (4), в отсутствие кислорода осуществляется механоактивированное термическое разложение сухого сырья, в результате чего образуются углистый остаток и парогазовая смесь (ПГС).

Материальный баланс представлен в таблице 9.

Таблица 9. Материальный баланс стадии пиролиза

Вход сухого сырья, %	Выход пиролизной жидкости, %	Выход углистого остатка, %	Выход газа, %
100	30-50	20-70	10-40

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Стадия пиролиза может иметь характеристики, представленные в таблице 4.

В результате переработки сырья на комплексе переработки отходов получается твёрдый продукт – углистый остаток (ТУ 20.13.21-005-55896839-2023). Также в ходе процесса быстрого пиролиза образуются пары и неконденсируемые газы, которые полностью используются в качестве топлива непосредственно на установке, либо выводятся в качестве продукта на стадии обработки ПГС. От свойств исходного сырья зависит материальный баланс и выход конечного продукта.

#### 2.4. Обработка ПГС

Парогазовая смесь из реакторного модуля (ПГ) подаётся в энергетический модуль (4) (см. схему приложение Б) на сжигание с целью энергетического обеспечения процесса пиролиза и сушки илового осадка. При недостатке теплоты для процесса сушки и пиролиза ила в энергетическом модуле (4) предусмотрено сжигание природного газа (Г) или другого топлива. Недостаток теплоты определяется по температурному уровню. Контроль температуры осуществляется с помощью термопар. Критичной является температура на выходе из реактора. Температура на выходе из реактора, уточняется в ходе ПНР для конкретного вида сырья, для иловых осадков должна составлять не менее 500°C.

Летучие продукты далее подвергаются сжиганию при температуре до 900°C, в результате чего органические соединения переходят в двуокись углерода и воду. При достаточном количестве кислорода продукты полного сгорания состоят из CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. При горении в воздухе в продуктах полного сгорания содержится еще азот [1]. Обеспечение зоны необходимым количеством воздуха предусмотрено технологией.

Далее топочные газы проходят через систему очистки, где от них отделяются оставшиеся органические компоненты, часть оксидов азота и серы.

В случае снижения влажности сырья, а, следовательно, и необходимой тепловой энергии для сушки возможно использование дополнительного оборудования для рекуперации тепловой энергии, в частности, котла-утилизатора. На данном этапе и в данном технологическом процессе это оборудование не предусмотрено.

Стадия обработки ПГС может иметь характеристики, представленные в таблице 5.

#### 2.5. Стадия обработки твёрдых продуктов

Мелкодисперсный углистый остаток из реакторного модуля (2) (см. схему приложение Б) подаётся шнековым питателем в модуль выгрузки (3), где осуществляется его накопление в

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально  
бункере и последующая выгрузка в герметичные ёмкости (тушильщики). Тушильщики должны обеспечивать хранение объёма биоугля, производимого за 12 часов работы.

В результате переработки сырья на комплексе образуются твёрдые продукты пиролиза. Образующиеся газообразные продукты полностью используются в ходе процесса переработки и, при штатном режиме работы установки, в окружающую среду в исходном виде не поступают. При отсутствии конденсации пары также полностью используются для получения тепловой энергии внутри установки.

Процесс переработки отходов на производственном комплексе утилизации отходов основан на процессе термического разложения – пиролиза. В процессе пиролиза органические компоненты исходного сырья разлагаются на летучие продукты и твёрдый – углистый остаток. Углистый остаток по своим свойствам при переработке всех заявляемых видов отходов будет соответствовать требованиям ТУ 20.13.21-005-55896839-2023. КЛП и ТУ представлены в приложении К.

Стадия может иметь характеристики, представленные в таблице 6.

Твёрдые продукты термохимической переработки (углистый остаток) представляют собой мелкодисперсный чёрный порошок. Углистый остаток может применяться в качестве твёрдого топлива, сорбент для очистки газов, восстановителя, как добавка в грунт, в качестве наполнителя при производстве материалов, в том числе, лёгких бетонов, для дорожного строительства, для рекультивации и др. Основные свойства углистого остатка представлены в таблице 10.

Таблица 10. Основные свойства углистого остатка

Параметр, единица измерения	Значение
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	8-23
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	600-900
Содержание углерода, % мас.	18-55
Зольность, % мас.	До 70
Характерный размер, мм	0,05-0,15

Свойства продуктов существенно зависят от вида сырья. В связи с этим, необходимо провести исследования данных параметров в ходе предварительных исследований, либо пуско-наладочных работ.

Углистый остаток представляет собой порошок чёрного цвета с размерами частиц до 1 мм. Основные свойства образцов углистого остатка, полученного из разных видов иловых осадков, представлены в таблице 11.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		14



## 2.6. Очистка отходящих газов

Стадия очистки отходящих газов предназначена для приведения состава и свойств отходящих газов в соответствие с требованиями предприятия-эксплуатанта технологии. В частности, на этой стадии газы могут очищаться от оксидов азота, оксидов серы, оксидов углерода, диоксинов, пыли, органических веществ и др. Также на этой стадии может проводиться избавление от неприятных запахов.

Модуль очистки газов (13) (см. схему приложение Б) включает в себя три ступени очистки.

На первой ступени происходит очистка от кислых газов (оксиды азота, серы). В качестве хемосорбента предлагается использовать раствор соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Технически ступень представляет собой скруббер с горизонтальным ходом движения воздуха (cross-flow), с циркулирующим поглотительным раствором. Скруббер оснащен контроллером pH, при снижении pH ниже критического в систему добавляется раствор соды. Сорбционный раствор будет насыщаться сульфатом натрия и поэтому его периодически придется сбрасывать в канализацию. На 1000 кг илового осадка будет образовываться 30-56 л сточной воды модуля очистки.

На втором этапе происходит очистка от соединений, содержащих в своем составе трёхвалентные атомы азота, которые могут быть переведены в состояние четвертичных аммонийных солей, это позволяет уловить дурнопахнущие соединения типа аминов, индола, скатола. Технически вторая ступень идентична первой и также снабжена контроллером pH, в случае повышения pH выше требуемого для эффективной очистки в систему добавляется кислота. Используется серная кислота. Планируется использовать разбавленную кислоту. Заливать из еврокубов бочковым насосом.

Третья ступень очистки – финишная, представляет собой адсорбционный аппарат. В качестве адсорбента используется активированный уголь. Уголь поставляется в мешках 25 кг. Отработанный активированный уголь в количестве засыпки 2 м<sup>3</sup> (1 т) меняется с периодичностью 1 раз в год и перерабатывается на установке. Отработанный активированный уголь после переработки на собственной установке превратится в углистый остаток, соответствующий ТУ 20.13.21-005-55896839-2023.

Данная схема очистки газов является примером реализации этой стадии. В других модификациях стадия очистки газов может иметь другие характеристики или вообще отсутствовать.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

Отработанный сушильный агент перед выходом в окружающую среду проходит через систему охлаждения и очистки. Очистка состоит из циклона (10), где происходит отделение сушильного агента от мелких частиц высушенного сырья. Охлаждение происходит в противоточном скруббере (11), где отработанный сушильный агент в виде пара охлаждается циркулирующей холодной водой. При этом происходит конденсация пара и накопление сточной воды в объёме приёмной части скруббера. Излишки воды через гидрозатвор сливаются в канализацию. Образование конденсационной воды из 1000 кг сырья при начальной влажности:

90% – 818-888 кг

70% – 454-666 кг

50% – 91-443 кг

30% – 66-222 кг

Охлаждение воды происходит по независимому контуру в теплообменном устройстве, причём выделяемое тепло направляется в сушильный модуль 2-й стадии для досушивания сырья. Далее, для предотвращения вредных выбросов и неприятных запахов предусмотрен модуль очистки отходящих газов 13.

### Модуль очистки газов<sup>3</sup>

В Модуле очистки газов (13) используется трёхступенчатая газоочистная установка. Общая схема работы модуля очистки представлена на рисунке 2.

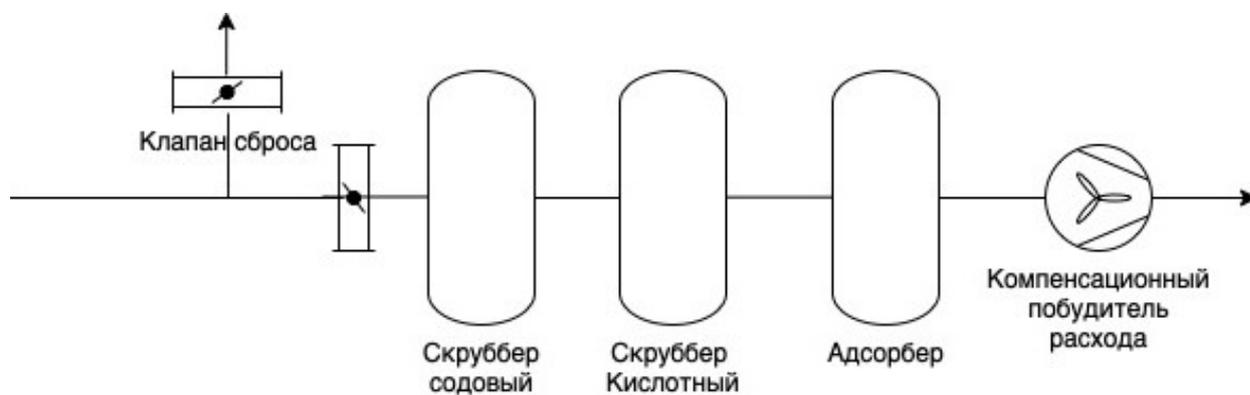


Рис. 2. Общая схема модуля очистки

#### Первая ступень

На первой ступени происходит очистка от кислых газов (оксиды азота, серы, сероводорода). В качестве хемосорбента предлагается использовать раствор соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Для обеспечения функционирования скруббера в составе оборудования предусмотрен узел приготовления

<sup>3</sup> Данная схема очистки газов является примером реализации этой стадии. В других модификациях стадия очистки газов может иметь другие характеристики или другие модификации.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		17

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально  
 раствора соды и система вытяжной вентиляции. Технически ступень представляет собой скруббер с горизонтальным ходом движения воздуха (cross-flow), с циркулирующим поглотительным раствором. Скруббер оснащён контроллером рН, при снижении рН ниже критического в систему добавляется раствор соды, а избыток отработанного раствора сливается в канализацию.

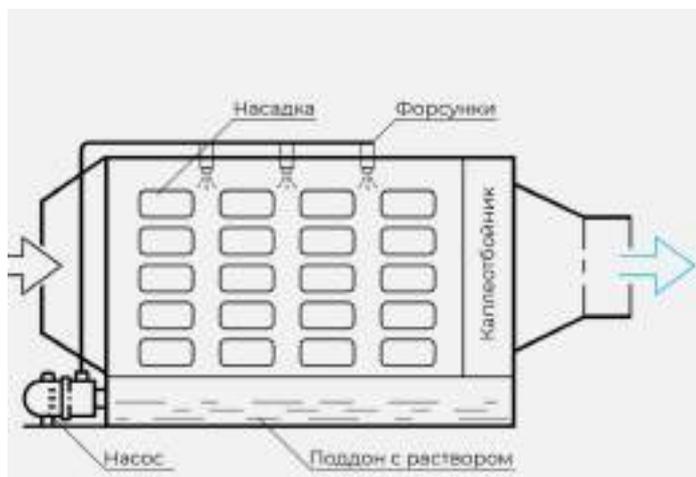


Рис. 3. Схематическое отображение работы скруббера

#### *Вторая ступень*

На второй ступени происходит очистка от соединений, содержащих в своем составе трёхвалентные атомы азота, которые могут быть переведены в состояние четвертичных аммонийных солей. Это позволяет уловить дурнопахнущие соединения типа аминов, индола, скатола. Технически вторая ступень идентична первой и также снабжена контроллером рН, в случае повышения рН выше требуемого для эффективной очистки в систему добавляется кислота.

Рис. 4. Пример внешнего вида cross-flow скруббера



*Третья ступень*

Для финишной очистки газов от дурнопахнущих соединений в системе предусмотрен адсорбционный аппарат. В качестве адсорбента используется активированный уголь. Уголь поставляется в мешках 25 кг. Отработанный активированный уголь в количестве засыпки 2 м<sup>3</sup> (1 т) меняется с периодичностью 1 раз в год и перерабатывается на установке. Отработанный активированный уголь после переработки на собственной установке превратится в углистый остаток, соответствующий ТУ 20.13.21-005-55896839-2023.

Аппарат отличается удобной схемой погрузки и выгрузки сорбента непосредственно из транспортной тары. Для устранения неплотностей в засыпке адсорбционный аппарат снабжён виброгенератором. В газоочистной установке отсутствуют узлы, имеющие проводники под напряжением или источники статического заряда, контактирующие с очищаемым газом.



Рис. 5. Общий вид аппарата финишной очистки газов

*Конструкционное исполнение*

Конструкционно все блоки размещены внутри сдвоенного блок-контейнера 12x5x2,65 м. Газоочистной модуль снабжён компенсационным побудителем расхода (вентилятором) в коррозионностойком исполнении и с системой клапанов для аварийного переключения на байпасы в случае превышения максимальной критической температуры на входе в аппарат. Основные характеристики модуля очистки газов представлены в таблице 14.

Таблица 14. Основные характеристики модуля очистки

№	Параметр	Значение
1	Объёмная производительность, не более, м <sup>3</sup> /ч	6000
2	Климатическое исполнение	У1

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

3	Габариты модуля ДхШхВ, м	12х5х2,65
4	Сечение на входе, мм х мм	500х500
5	Масса модуля рабочая, т	20
6	Мощность газоочистки, не более, кВт	8
7	Мощность обогрева и вентиляции блок-контейнеров, кВт	8
8	Мощность вентилятора, не более, кВт	5,5
9	Мощность узла подготовки раствора не более, кВт	1,5
10	Суммарная мощность, кВт (с учётом обогрева зимой)	7,5
11	Напряжение питания, В	380
12	Подвод технического водоснабжения	Необходим, Ду50
13	Отвод канализации	Необходим, ø110
14	Материалы, контактирующие с очищаемой средой	Полипропилен, ПВХ, ПЭ, нержавеющая сталь
<i>Комплектность поставки</i>		
15	Вентилятор коррозионностойкий, взрывозащищённый	есть
16	Блок-контейнер двойной, утеплённый сэндвич-панелью	есть
17	Блок жидкостной очистки содовый	есть
18	Блок жидкостной очистки кислотный	есть
19	Узел приготовления раствора соды	есть
20	Расходный бак кислоты	есть
<i>Эффективность очистки воздуха за один проход, %</i>		
21	Оксиды серы, азота, азотсодержащие и серосодержащие органические соединения	не менее 95%
<i>Требования к характеристикам входящего газового потока</i>		
22	Влажность, %	неограниченно
23	Температура входящего воздуха, °С	от 3 до 45

Примерный состав стоков со щелочного скруббера при pH 9 представлен в таблице 14.

Таблица 14. Примерный состав стоков с щелочного скруббера (приложение Д)  
(протокол ООО «Укулаб» № 046/2022-СтВ от 25.10.2022)

Параметр	Значение
pH	9,12
Нитриты	>3,0 мг/л
Сульфаты	36,8 мг/л

Нитраты	2,50 мг/л
Сульфиды	<0,002 мг/л
Карбонаты	22,8 мг/л
Гидрокарбонаты	51,3 мг/л

Стадия очистки отходящих газов может иметь характеристики, представленные в таблице 7.

### 3. Описание технологического процесса

#### 3.1. Физико-химическая картина технологического процесса

Сущность технологического процесса основана на последовательно протекающих процессах сушки и пиролиза сырья в разных технологических аппаратах, причём сушка сырья реализована в две стадии. Первая стадия сушки – высокотемпературная (сушильный агент подаётся с температурой 500°C), на которой происходит взаимодействие сырья с сушильным агентом при механическом перемешивании и перемещении сырья по длине сушильной камеры. Вторая стадия сушки – низкотемпературная (сушильный агент подаётся с температурой до 70°C), на которой происходит досушивание сырья до нормируемых показателей для подачи на технологическую стадию пиролиза (не более 15%).

Быстрый пиролиз представляет собой процесс термического разложения органических соединений без доступа кислорода при температуре 400-500°C. Основная особенность быстрого пиролиза по сравнению с традиционным, или медленным пиролизом, состоит в очень высокой скорости нагрева частиц сырья.

Процесс абляционного пиролиза заключается в организации в зоне реакции механической активации путём уноса прореагировавшего слоя с частицы сырья и обновлении поверхности реакции. Это позволяет существенно повысить скорость тепломассообменных процессов в зоне реакции. Продуктами быстрого пиролиза являются парогазовая смесь и углистый остаток. Причём парогазовая смесь сжигается в энергетическом модуле для получения тепловой энергии, необходимой для процесса сушки и пиролиза сырья. При нехватке тепловой энергии предусмотрено сжигание природного газа или другого вида топливно-энергетических ресурсов. Недостаток теплоты определяется по температурному уровню. Контроль температуры осуществляется с помощью термопар. Критичной является температура на выходе из реактора – менее 500°C.

Углистый остаток выгружается непрерывно в специальные емкости – тушильщики.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Работа комплекса осуществляется круглосуточно. Количество человек, необходимое для работы комплекса – не менее 8, количество человек в смене – не менее 2. Количество смен в течение суток – 2.

В процессе работы как минимум 1 человек должен постоянно находиться вблизи комплекса, осуществляя его внешний осмотр, обеспечивая своевременную загрузку сырья механизированными средствами и смену приёмников. В тушильщиках могут быть предусмотрены индикаторы уровня слоя угля в тушильщике. Индикаторы представляют собой лопастные датчики уровня.

Для организации работы комплекса, компания, эксплуатирующая её, должна обеспечить подачу сырья в механизированный склад сырья, погрузчик для погрузочно-разгрузочных работ, организовать освещение комплекса для круглосуточной работы.

Комплекс может эксплуатироваться при температуре от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Площадка для расположения комплекса должна иметь выровненную твёрдую поверхность без ям или кочек размером более 10 см. Необходимо, чтобы поверхность имела твердое водонепроницаемое покрытие.

Для предотвращения загрязнения поверхностных и подземных вод предусмотрены следующие планировочные и эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение границ участка, отведённого для производства работ – 0,2 га;
- площадка должна быть снабжена обваловкой для предотвращения растекания сточных вод;
- площадка должна быть оборудована системой сбора ливневого стока, рассчитанной на количество осадков для конкретной климатической зоны установки оборудования;
- применение технически исправного транспорта с отрегулированной топливной аппаратурой, исключение мойки машин и механизмов, заправки топливом и ГСМ, ремонтных работ техники на площадке.

Габариты площадки под комплекс могут меняться в зависимости от взаимного расположения блоков, входящих в его состав. Габаритные размеры основных блоков представлены в таблице 15.

Таблица 15. Габаритные размеры основных блоков комплекса переработки отходов

№	Наименование	Размеры, ДхШхВ, м
1	Блок сушки влажного сырья	12x37x10
2	Блок пиролиза	10x12x6,5
3	Блок очистки газов	12x5x2,65

Для функционирования комплекса переработки отходов необходимо дополнительное оборудование и инфраструктурные составляющие, требования к которым могут изменяться в зависимости от свойств сырья и конфигурации технологической площадки.

- 1) Участок первичного хранения и подготовки сырья;
- 2) Склад хранения углистого остатка;
- 3) Хозяйственно-бытовые помещения
- 4) Операторная.

Участок первичного хранения и подготовки сырья должен обеспечивать хранения сырья на 1 сутки работы. Склад хранения углистого остатка должен обеспечивать хранения биоугля на 7 суток работы. Хозяйственно-бытовые помещения и операторная должны обеспечивать пребывание 2 рабочих и 1 оператора в смене.

### 3.2. Схема технологического процесса

Упрощённая принципиальная схема комплекса переработки отходов представлена в приложении Б, общий вид представлен в приложении Е.

Технологическое решение состоит из модулей, взаимно соединённых между собой технологическими коммуникациями (табл. 16).

Таблица 16. Модули комплекса переработки отходов

№	Шифр	Наименование
1	SPP01-1.01.000.000	Модуль загрузки
2	SPP01-1.02.000.000	Реакторный модуль
3	SPP01-1.03.000.000	Модуль выгрузки
4	SPP01-1.04.000.000	Энергетический модуль
5	SPP01-1.05.000.000	Газоход высокотемпературных газов
6	SPP01-1.06.000.000	Модуль управления-1
7	SPP01-1.07.000.000	Модуль управления-2
8	SPP01-1.08.000.000	Сушильный модуль первой стадии
9	SPP01-1.09.000.000	Сушильный модуль второй стадии
10	SPP01-1.10.000.000	Циклон
11	SPP01-1.11.000.000	Скруббер
12	SPP01-1.12.000.000	Механизированный склад сырья
13	SPP01-1.13.000.000	Модуль очистки газов

Потенциально опасные участки газоходов, аппаратов и замкнутой емкостной аппаратуры снабжены аварийными взрывными клапанами. В таблице 17 представлены данные по аппаратам, снабжённым аварийными взрывными клапанами.

Таблица 17. Перечень аварийных взрывных клапанов

Аппарат	Марка аварийного взрывного клапана	Площадь мембраны, м <sup>2</sup>
Скруббер (11)	Мембрана	0,13
Реактор (2)	ПГВУ 200	-
Циклон (10)	ПГВУ 200	-
Сушильный модуль 1 стадии	Мембрана	0,14
Энергетический модуль	Разгрузочный люк	0,65

Для снижения риска возникновения разрядов статического электричества модули и аппараты комплекса SPP01 имеют заземление и соединительные шины между модулями.

Сбросу в канализацию подлежат сточные воды конденсации топочных газов и сточные воды модуля очистки. В этих стоках растворённые горючие газы отсутствуют.

В технологическом процессе образуются аэрозоли, и может наблюдаться образование отложений твёрдой фазы на внутренних поверхностях аппаратов. Для предотвращения образования отложений имеется устройство механической очистки внутренних поверхностей наиболее подверженных забиванию газоходов (на выходе из реактора). Система автоматизации поддерживает в аппаратах температурный режим, исключая спонтанную полимеризацию отложений. Один раз в месяц производится регламентированный осмотр и освобождение внутренних поверхностей аппаратов от углистого остатка. Освобождённый углистый остаток направляется в приёмную ёмкость. Трубопроводы, подвергающиеся регламентированной чистке и контролю, а также периодичность контроля представлены в таблице 18.

Таблица 18. Регламент осмотра и обслуживания внутренних поверхностей трубопроводов и аппаратов установки

№	Наименование участка	Периодичность осмотра /обслуживания
1	Выход ПГС из реактора	1 раз в месяц (или после каждой остановки процесса)
2	Сушильная камера	1 раз в месяц (или после каждой остановки процесса)
3	Бункер циклона	1 раз в квартал
4	Загрузочное и выгрузочное окно реактора	1 раз в квартал
5	Затвор «мигалка» модуля загрузки	1 раз в квартал
6	Затвор «мигалка» модуля выгрузки	1 раз в квартал

7	Ванна и форсунки скруббера	1 раз в квартал
---	----------------------------	-----------------

Для ликвидации возгорания высушенного сырья в сушильном модуле первой стадии (8) предусмотрена система пожаротушения.

Входной контроль качества сырья производится на участке подготовки сырья. Контролируемый показатель: влажность – не более 90%.

После выгрузки углистого остатка необходимо проводить его стабилизацию путём оттаивания при температуре не более 50°C в течение не менее 24 ч, после чего его срок хранения неограничен при исключении нагрева до температуры выше 50°C, попадания прямых солнечных лучей, воздействия открытого пламени, искр и т.п.

#### 4. Основные правила пуска и остановки установки

##### 4.1. Порядок запуска

Запуск установки осуществляется в следующем порядке:

Сначала происходит загрузка илового осадка в механизированный склад сырья (12), например, механизированным фронтальным погрузчиком. Далее, в автоматическом режиме осуществляется заполнение бункера подачи сушильного модуля 1-й стадии. Далее, автоматически включается компрессор для накачки сжатым воздухом ресивера, необходимого для работы пневматического оборудования комплекса SPP01. Запускается дымосос (DR\_MSE) и дутьевой вентилятор (EN\_F1) «первичного» воздуха газовой горелки. При достижении необходимой тяги и разряжения в энергетическом модуле производится розжиг пилотного пламени природного газа с помощью запального устройства, затем розжиг основного пламени. Осуществляется контроль температуры технологических параметров дымовых газов, и регулируется расход природного газа и дутьевого воздуха. При необходимости происходит разбавление топочных газов вентилятором «вторичного» воздуха (EN\_F2). При достижении определённой установленной температуры топочных газов (300°C) комплекс SPP01 переходит в режим прогрева. Таким образом, прогрев комплекса SPP01 осуществляется путём сжигания природного газа в энергетическом модуле (4).

Внимание!!!: при достижении температуры в реакторе выше 200°C осуществляется включение привода реактора (R\_M1) на минимальной частоте (5 Гц). Предварительно подаётся сжатый агент на сальники реактора.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ПРОГРЕВ ТРУБОПРОВОДОВ ИЛИ АППАРАТОВ ОТКРЫТЫМ ОГНЁМ ИЛИ РАСКАЛЁННЫМИ ПРЕДМЕТАМИ.**

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

При достижении необходимой температуры (200°C) на входе в сушильную камеру 1 (DR\_T1) комплекс переходит в режим сушки. Включаются насосы циркуляции жидкости в скруббере (SC1\_MP1, SC1\_MP2) и сушильном модуле 2 стадии (SC1\_MP3), подключается модуль очистки отходящих газов путем переключения заслонки (SC1\_EV2), шнековые транспортёры сушильных модулей 1 и 2 стадии переходят в режим наполнения бункеров.

Производится последовательный запуск ротора, узлов загрузки и выгрузки сушильного модуля 1-й стадии (8). По мере подачи и прохождения сырья через сушильный модуль 1-й стадии влага испаряется, и сырьё высушивается до влажности 45-60 %, минуя липкую фазу. Граница перехода илового осадка из липкой в гранулированную фазу определяется для конкретного вида сырья опытным путем, в зависимости от свойств исходного илового осадка (влажность, содержание минеральных компонентов, срок депонирования).

Иловый осадок в гранулированной фазе, становясь рассыпчатым, транспортируется с помощью шнеков в сушильный модуль 2-й стадии (9). Сушильный модуль 2-й стадии представляет собой ленточную сушильную камеру, где сырьё досушивается до нормируемых значений влажности (допустимо до 15 %). После этого, с помощью шнековых транспортеров «сухое» сырьё подаётся в накопительный бункер модуля загрузки сырья (1). Далее комплекс SPP01 переходит в режим сушки и пиролиза илового осадка. Включаются модуль выгрузки (3), ротор реактора (R\_M1) переводится на рабочую частоту вращения, включается подача сырья в реактор (2) на 10% от номинала. При достижении 95% от номинальных значений технологических параметров осуществляется переход всех систем в штатный режим.

#### 4.2. Порядок остановки

Остановка комплекса SPP01 осуществляется в следующем порядке. Прекращается подача сырья в реактор (2) и сушильный модуль 1-й стадии (8). При завершении горения пиролизного газа и снижении давления в реакторе отключается подача природного газа в энергетический модуль (4) путем закрытия клапанов EN\_EV1 и EN\_EV2. Далее производится продувка дутьевым воздухом до охлаждения аппаратов до заданной температуры, значения которых представлены в таблице 10.

Внимание!!!: при температуре в реакторе выше 250°C в режиме охлаждения осуществляется вращение ротора реактора на минимальной частоте (5 Гц) со включенными сальниками реактора.

После снижения температуры последовательно отключаются модули комплекса SPP01 (таблица 19). Регистрация температуры осуществляется температурными датчиками.

Таблица 19. Операции отключения комплекса SPP01

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

№	Наименование операции	Условие выполнения	Технологический параметр (Приложение Б)	Величина
1	Отключение ротора реактора	Охлаждение до температуры	R_M1	200
2	Открытие задвижки подсоса воздуха в сушилку 1 стадии	Охлаждение до температуры	DR_SR2	200
3	Прекращение подачи сырого сырья в сушилку	Охлаждение до температуры	DR_T1	150
4	Отключение ротора сушилки 1 стадии (DR_MR), Шнек выгрузки сушилки 1 стадии (DR_MS2)	Охлаждение до температуры	DR_T1	100
5	Отключение орошения скруббера (SC1_MP1, SC1_MP2), циркуляции теплового агента (SC1_MP3)	Охлаждение газа на выходе из сушилки	SC1_T1	90
6	Отключение системы очистки (SC1_EV2)	При выполнении условия п.3.		

Внимание!!! При длительной остановке (более 5 часов) установки в зимнее время или при отрицательных температурах, необходимо слить воду из приёмной ванны скруббера (11), а также насосов и запорной арматуры скруббера.

При длительной остановке при отрицательной температуре (более 12 часов) необходимо опустошить механизированный склад сырья (12) и приёмный бункер сушилки 1 стадии (8).

#### 4.3. Действия в экстренных условиях

*Резкое повышение давления* в газовом тракте (забились трубопроводы, взрыв и т.д.):

- Срабатывание сирены, световой сигнализации;
- Прекращение подачи сырья в реактор (2) и сушильные модули (8,9);
- Прекращение подачи природного газа на основное пламя в энергетическом модуле (4).

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		27

*Отключение электрической энергии:*

- Ручное включение аварийного бензогенератора в предусмотренном узле ввода электрической энергии;
- Прекращение подачи природного газа в энергетическом модуле (4);
- Прекращение подачи сырья в реактор (2) и сушильные модули (8,9);
- Отключение всех систем, за исключением системы автоматизации, вентилятора продувки, ротора реактора на минимальной мощности от резервного источника питания.

Внимание!!! При невозможности включения аварийного питания:

1. Удостовериться в закрытом положении двухклапанных устройств на загрузке (FD\_PV2, FD\_PV3) и выгрузке реактора (DM\_PV1, DM\_PV2);
2. Обеспечить периодическое ручное вращение ротора реактора (R\_M1) один раз в 15 мин на 90° до достижения температуры в реакторе на уровне 250°C;
3. Обеспечить ручное переключение перекидного клапана на аварийную выхлопную трубу (SC1\_EV2).

- Охлаждение установки

*Резкое повышение температуры выше эксплуатационных значений (вероятный пожар).*

- Срабатывание sireны, световой сигнализации;
- Отключение подачи сырья в реактор (2);
- Отключение систем;
- Впрыск воды в сушильный модуль 1-й стадии (при повышении температуры в нём) (DR\_PV1).

Если регистрируется чрезмерное повышение температуры в топке или газовом тракте топки, срабатывает сигнализация и производится корректировка подачи топлива.

Если регистрируется повышение температуры в газовом тракте пиролизной установки, то:

- отключается подача сырья;
- корректируется подача топлива в энергетический модуль.

Если регистрируется повышение температуры в сушильном модуле 1 стадии (8), то:

- включается система пожаротушения в сушильном модуле 1 стадии (DR\_PV1);
- отключается подача сушильного агента в сушилку (включается байпасная линия)

(DR\_SR1);

- отключается система очистки путём переключения на выхлопную трубу (SC1\_EV2);

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

- содержимое сушилки по необходимости выгружается через сбросной клапан (DRB\_PV1).

Если имеется задымление или открытое пламя, персонал должен воспользоваться противогазами и предпринять попытку локализации очага возгорания с помощью огнетушителя и штатных средств пожарной безопасности на предприятии.

*Отказ приводов.*

В ходе эксплуатации комплекса SPP01 может происходить отказ электроприводов по различного рода причинам (попадание постороннего предмета, выход из строя редуктора электродвигателя, несогласованность технологических потоков и т.д.). В случае отказа электрического привода оператор установки получает сообщение SCADA системы с указанием привода. Если оператор и помощник оператора могут оперативно устранить причину отказа привода в течение 10-15 мин., процесс продолжается, в противном случае осуществляется процедура остановки процесса.

**Внимание!!!** Учитывая конструктивные различия моделей и модификаций комплекса SPP01, при эксплуатации производственного комплекса следует отдавать приоритет руководству по эксплуатации и описанию SCADA системы конкретной модификации.

#### 4.4. Возможные неполадки в работе и способы их ликвидации

Таблица 20. Возможные неполадки технологического процесса, их причины и способы устранения

Возможные неполадки	Причины возникновения неполадок	Способы устранения неполадок
Повышение давления в реакторе (2) (R_P1)	Забился газоход на выходе из реактора	Произвести остановку технологического процесса и охладить установку. Осуществить очистку газохода.
Отсутствие давления в циркуляционном контуре скруббера (11) (SC1_P1, SC1_P2, SC1_P3)	Неисправен насос, забился нагнетательный трубопровод	Произвести остановку технологического процесса и охладить установку. Устранить засор трубопровода, заменить/отремонтировать насос.
Отсутствие давления в пневмосистеме установки	Неисправен компрессор, утечка в пневмосистеме	Остановить подачу сырья, Проверить пневмосистему, компрессор, устранить неисправность.
Дым из оборудования	Разгерметизация оборудования	Экстренно остановить технологический процесс, устранить неисправность

Дым из сальников реактора	Износилась сальниковая набивка	Произвести остановку технологического процесса и охладить установку. Заменить сальниковую набивку
Резкое повышение температуры на выходе из сушильного модуля 1-й стадии (8) (DR_T2)	Возгорание высушенного сырья	Произвести остановку технологического процесса, включить систему пожаротушения, перекинуть байпас на дымовую трубу (DR_SR1) для выхода дымовых газов минуя сушильный модуль 1-й стадии (8)

### 5. Материальный баланс установки производительностью 10 тыс. т/год

В таблице 21 представлены расчётные значения материальных потоков в соответствии с приложением Б.

Таблица 21. Материальные потоки на установке SPP01 (расчётные данные)

Обозначение	Наименование потока	Влажность, %	Температура, °С	Расход, кг/час	Расход, м <sup>3</sup> /час
И1	Исходный ил	90	20	1000	0,9
И2	Подсушенный ил	45	70	182	0,23
И3	Сухой ил	12	50	114	0,16
У	Углистый остаток	-	300	56,8	0,071
ПГ	Пиролизный газ	-	500	103	473
ТГ1	Топочные газы 1	-	800	5321	19136
ТГ2	Топочные газы 2	-	500	5321	11638
ТГ3	Топочные газы + пар	100	100	6303	6652
ТГ4	Топочные газы + пар	100	68	6303	6081
Г	Природный газ	-	20	77	116
*Г	Природный газ на прогрев комплекса	-	20	112	170

**5.1. Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов**

Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов приведены в таблице 22.

Таблица 22. Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Норма расхода	Количество
Количество рабочих дней в году	сут.	330
Сырьё	т/г	9504
Топливо (природный газ)	т/год	541
Установленная мощность	кВт	182
Потребляемая электроэнергия	МВт*ч/г	404

**5.2. Нормы образования отходов производства**

В процессе эксплуатации установки образуются сточная вода конденсации топочных газов, сточная вода модуля очистки, газовые выбросы и отработанный активированный уголь. Кроме того, будут отходы от разупаковки расходных материалов.

Количественная характеристика входящих и выходящих потоков на границе технологической линии представлена в таблице 23.

Таблица 23. Материальный баланс комплекса SPP01

Входящий поток			
1	Ил	1000 кг/час	7920 т/год
2	Природный газ	63-93 кг/час	501-739 т/год
3	Техническая вода		0,5-10 т/год
4	Электричество	47,5 кВт	
5	Карбонат натрия		25000 кг/г
6	Серная кислота		200 кг/г
7	Активированный уголь		1000 кг/г
Выходящий поток			
1	Углистый остаток	49 кг/час	387 т/год
2	Сточная вода конденсации топочных газов	500-1000 кг/час	3960-7920 т/год
3	Сточная вода модуля очистки	30-56 кг/час	237-444 т/год
4	Газовые выбросы	3500 кг/ч	27 720 тыс. т/год
5	Отработанный активированный уголь	-	1 т/год

В таблице 24 представлена качественная характеристика газовых выбросов до и после системы очистки, а в таблицах 25 и 26 – характеристика сточной воды конденсации топочных газов и сточной воды системы очистки.

Таблица 24. Состав газовых выбросов (коммунальный иловый осадок) (приложение Ж)  
(протоколы ООО «ХАЛ «РПН-Сфера» №№22081560, 22081561 от 15.08.2022)

Параметр	Сушка, вход	Сушка, выход	Пиролиз, вход	Пиролиз, выход
Размеры газохода, м	0,45	0,5	0,45	0,5
Скорость в газоходе, м/с	8,575	5,975	8,875	6,275
Статическое давление, Па	-274,5	-26,25	-319,25	-16,5
Температура	531,25	130,25	592,75	200
СО, ppm	43	283	12	16
NO, ppm	82	41	134	123
NO <sub>2</sub> , ppm	13	5	0	0
SO <sub>2</sub> , ppm	0	0	66	99
H <sub>2</sub> S, ppm	0	0	0	0
HCl, мг/м <sup>3</sup>	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Аммиак, мг/м <sup>3</sup>	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Кадмий, мг/м <sup>3</sup>	0,0015	0,00129	0,00051	0,00024
Ванадий, мг/м <sup>3</sup>	<0,0002	0,00023	0,00046	<0,0002
Медь, мг/м <sup>3</sup>	<0,0005	0,00120	0,0024	<0,0005
Ртуть, мг/м <sup>3</sup>	<0,00017	<0,00017	<0,00017	<0,00017
Марганец, мг/м <sup>3</sup>	0,017	0,27	0,128	0,070
Свинец, мг/м <sup>3</sup>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Кобальт, мг/м <sup>3</sup>	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Никель, мг/м <sup>3</sup>	0,00092	<0,0005	0,00066	<0,0005
Мышьяк, мг/м <sup>3</sup>	0,00098	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Хром (VI), мг/м <sup>3</sup>	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Взвешенные частицы, мг/м <sup>3</sup>	145	125	161	92
3,4-бенз(а)пирен, мкг/м <sup>3</sup>	<0,001	0,149	<0,001	0,094
Фтористый водород, мг/м <sup>3</sup>	0,58	0,43	0,33	0,18

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Пределные углеводороды C12-C19, мг/м <sup>3</sup>	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80
Объёмный расход газопылевых потоков, м <sup>3</sup> /с	0,45	0,78	0,43	0,68

\* отбор проб производился на входе и на выходе топочных газов в сушилку первой стадии.

Таблица 25. Параметры сточной воды конденсации топочных газов (коммунальный иловый осадок)<sup>4</sup> (Приложение 3)

(протокол ООО «Укулаб» № 025/2022 – СтВ от 01.08.2022)

№	Показатель	Ед. изм.	Значение, X ± U*	
			Сушка	Пиролиз
1.	Водородный показатель (рН)	ед. рН	4,60±0,15	3,97±0,15
2.	Массовая концентрация аммиака и аммоний ионов	мг/дм <sup>3</sup>	8,5±2,0	14,6±2,9
3.	Массовая концентрация нитрат-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	5,6±1,2	4,7±2,9
4.	Массовая концентрация нитрит-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	0,339±0,048	<0,02**
5.	Массовая концентрация хлорид-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	193±19	52,6±6,3
6.	Массовая концентрация железа общего	мг/дм <sup>3</sup>	0,43±0,10	1,47±0,35
7.	Массовая концентрация сульфат-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	96±14	430±65
8.	Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>5</sub> )	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	>300***	>300***
9.	Химическое потребление кислорода (ХПК)	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	901±135	878±132
10.	Массовая концентрация хрома общего	мг/дм <sup>3</sup>	2,49±0,45	0,276±0,050
11.	Массовая концентрация хрома шестивалентного	мг/дм <sup>3</sup>	1,97±0,35	0,210±0,038
12.	Массовая концентрация ионов меди	мг/дм <sup>3</sup>	0,364±0,073	0,214±0,043
13.	Массовая концентрация нефтепродуктов	мг/дм <sup>3</sup>	1,35±0,34	19,4±4,8
14.	Массовая концентрация ионов марганца	мг/дм <sup>3</sup>	0,062±0,017	0,075±0,021
15.	Массовая концентрация взвешенных веществ	мг/дм <sup>3</sup>	191,0±9,6	123,0±6,1
16.	Фосфат – ионы	мг/дм <sup>3</sup>	>80***	>80***
17.	Массовая концентрация алюминия	мг/дм <sup>3</sup>	0,58±0,017	1,36±0,41
18.	Массовая концентрация сульфид-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	>10***	>10***
19.	Массовая концентрация фенолов	мг/дм <sup>3</sup>	0,70±0,24	0,92±0,32
20.	Массовая концентрация ионов цинка	мг/дм <sup>3</sup>	0,0075±0,0028	0,0080±0,0030
21.	Массовая концентрация никеля	мг/дм <sup>3</sup>	0,054±0,015	0,040±0,014

<sup>4</sup> Отражены показатели, полученные в рамках проведения ОПИ на сырье конкретных предприятий: ООО «Полиэф» заказывало выполнение ОПИ на своём иловом осадке ООО «ЭнергоЛесПром». ООО «ЭнергоЛесПром» - компания-предшественник ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ»

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		33

22.	Массовая концентрация ионы кадмия	мг/дм <sup>3</sup>	<0,002**	<0,002**
23.	Массовая концентрация свинца	мг/дм <sup>3</sup>	>0,03***	>0,03***
24.	Массовая концентрация ртути общей	мг/дм <sup>3</sup>	<0,0015**	<0,0015**
25.	Массовая концентрация фосфора общего	мг/дм <sup>3</sup>	>100***	71,2±7,1
26.	Массовая концентрация азота общего	мг/дм <sup>3</sup>	8,6±2,4	13,2±3,7
27.	Массовая концентрация хлора активного (суммарное содержание в воде: свободного хлора, двуокиси хлора, хлорноватистой кислоты, хлораминов, гипохлоритов)	мг/дм <sup>3</sup>	<0,05**	<0,05**
28.	Массовая концентрация мышьяка	мг/дм <sup>3</sup>	<0,005**	<0,005**
29.	Массовая концентрация кобальта (растворённая форма)	мг/дм <sup>3</sup>	<0,002**	<0,002**
30.	Массовая концентрация азота органического	мг/дм <sup>3</sup>	6,3±2,5	10,4±4,2

\*\* ниже диапазона измерений

\*\*\* выше диапазона измерений

Сточная вода конденсации топочных газов со скруббера-теплообменника подаётся при температуре около 50°C, при необходимости, в зависимости от требований очистных сооружений она разбавляется подпиточной технической водой для охлаждения до требуемой температуры.

Таблица 26. Параметры сточной воды системы очистки<sup>5</sup> (Приложение Д)  
(протокол ООО «Укулаб» № 046/2022-СтВ от 25.10.2022)

№	Показатель	Ед. изм.	Значение, X ± U*
1	Водородный показатель (рН)	ед. рН	9,12±0,15
2	Массовая концентрация нитрит-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	>3,0**
3	Массовая концентрация нитрат-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	2,5±0,75
4	Массовая концентрация сульфат-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	36,8±7,4
5	Массовая концентрация сульфид-ионов	мг/дм <sup>3</sup>	<0,002***
6	Массовая концентрация карбонатов	мг/дм <sup>3</sup>	22,8±3,4
7	Массовая концентрация гидрокарбонатов	мг/дм <sup>3</sup>	51,3±5,6

\*\* - выше диапазона измерения

\*\*\* - ниже диапазона измерения

<sup>5</sup> Отражены показатели, полученные в рамках проведения ОПИ на сырье конкретных предприятий.

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Отработанный активированный уголь в количестве засыпки 2 м<sup>3</sup> (1 т) меняется с периодичностью 1 раз в год. Отработанный уголь может быть передан специализированным организациям, либо регенерироваться на производственном комплексе в период остановки и планово-предупредительного ремонта. В этом случае отработанный активированный уголь подаётся в периодическом режиме в реактор пиролиза и прокаливается не менее 30 мин. при температуре 450-560°C с выключенным аппаратом сушки и включенной системой очистки.

## 6. Контроль производства и управление технологическим процессом

Модули SPP01 имеют системы автоматизации для контроля над основными техническими параметрами.

### 6.1. Модуль загрузки

Автоматизация технологических параметров модуля загрузки

Таблица 27

№	Название	Тип регулирования	Примечание
1	Температура в бункере (FD_T1)	Пороговое значение (200°C)	Контроль температуры в бункере, сигнализация о вероятном пожаре
2	Уровень в бункере (FD_L1, FD_L2)	Позиционное	Сигнализирует о критическом уровне в бункере; включение/выключение шнека подачи сырья
3	Контроль потока сырья	Позиционное	Контроль подачи сырья в реактор: длительное отсутствие потока – аварийная сигнализация
4	Контроль давления сжатого воздуха	Позиционное	Сигнализирует о критическом уровне давления в пневматической магистрали
5	Двухклапанное устройство	Программное	Программа подачи сырья в реактор, установка по производительности от системы управления SCADA

### 6.2. Реакторный модуль

Автоматизация технологических параметров реакторного модуля

Таблица 28

№	Название	Тип регулирования	Примечание
1	Температура (R_T1-R_T5)	Пороговое значение (от 500 до 650°C)	Контроль и запись температуры в реакторе

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		35

2	Давление в реакторе (R_P1)	Пороговое значение (1,9 кПа)	Контроль и запись давления в реакторе
---	-------------------------------	------------------------------	---------------------------------------

### 6.3. Модуль выгрузки

Автоматизация технологических параметров модуля выгрузки

Таблица 29

№	Название	Тип регулирования	Примечание
1	Температура угля на выходе	Пороговое значение (50°C)	Температура угля во избежание самовозгорания должна быть не выше 50°C
2	Контроль потока в шнеках	Позиционное	Сигнализация оператору, что поток угля прервался по каким-то причинам. В случае, если длительное время – то аварийная остановка
3	Уровень в бункере (DM_L1)	Позиционное	Сигнализирует о критическом уровне в бункере; включение/выключение шнека выгрузки углистого остатка в тушительщики

### 6.4. Энергетический модуль

Автоматизация технологических параметров энергетического модуля

Таблица 30

№	Название	Тип регулирования	Примечание
1	Температура топочных газов (EN_T1, EN_T2)	Пропорциональное регулирование по заданному алгоритму	Увеличение подачи топлива и повышение температуры топочных газов. Температура на входе и выходе в реактор задаётся технологическими параметрами (вход 650°C, выход 560°C). Если температура на входе в реактор достигнута, а на выходе нет, то увеличивается подача топлива и соотношение воздух/топливо
2	Горение газа	Автоматизация горелки	Прекращение подачи газа при потухании или срыве пламени
3	Разряжение в топке (EN_P1)	Пропорциональное	Регулирование частоты вращения дымососа (DR_MSE) для откачки дымовых газов из топки и стабилизации давления в топке
7	Проверка потока дутья	Позиционное	Проверка потока дутьевых вентиляторов, при отсутствии – аварийная остановка

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		36

Система автоматизации поддерживает температуру топочных газов на выходе из энергетического модуля на заданном уровне и обеспечивает подачу топлива (газа). Алгоритм автоматизации предусматривает адаптацию к различным видам топлива и настройку требуемой подачи топлива, подстраивает требуемую подачу топлива/дутья для обеспечения заданной температуры и тепловой мощности.

### 6.5. Сушильный модуль первой стадии

Автоматизация технологических параметров сушильного модуля первой стадии;

Таблица 31

№	Название	Тип регулирования	Примечание
1	Температура на входе в модуль (DR_T1)	Пропорциональное регулирование по заданному алгоритму	Увеличение/уменьшение подачи топлива и повышение/понижения температуры топочных газов.
2	Температура на выходе из модуля (DR_T2)	Пропорциональное регулирование по заданному алгоритму	Увеличение/уменьшение подачи топлива и повышение/понижения температуры топочных газов.

### 6.6. Сушильный модуль второй стадии

Автоматизация технологических параметров сушильного модуля второй стадии;

Таблица 32

№	Название	Тип регулирования	Примечание
1	Средняя температура в модуле (DRB_T1, DRB_T2)	Не регулируется	-

### 6.7. Механизированный склад сырья

Автоматизация технологических параметров механизированного склада сырья

Таблица 33

№	Название	Тип регулирования	Примечание
1	Уровень в загрузочном бункере сушильного модуля 1 стадии (8) (WF_L1)	Пропорциональное регулирование по заданному алгоритму	Включение/выключение подачи сырья

### 6.8. Скруббер

Автоматизация технологических параметров скруббера

Таблица 34

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		37

№	Название	Тип регулирования	Примечание
1	Уровень охлаждающей жидкости в скруббере (SC1_L1-SC1_L3)	Пропорциональное регулирование по заданному алгоритму	Включение/выключение подачи технической воды (SC1_EV1)

## 7. Основные правила безопасной эксплуатации комплекса SPP01

Персонал, допущенный к работе на комплексе SPP01, должен знать устройство и правила безопасной эксплуатации комплекса SPP01, правила промышленной и пожарной безопасности опасных производственных объектов, технику безопасности при грузоподъемных работах.

Эксплуатация комплекса SPP01 должна осуществляться в соответствии с разработанными изготовителем технологическим регламентом и инструкцией по технике безопасности.

Во время нагрева, работы и охлаждения комплекс SPP01 должен находиться под постоянным наблюдением обслуживающего персонала, допущенного к работе на комплексе SPP01, в количестве не менее 2-х человек, причём один из них должен находиться в операторской, а другой около комплекса SPP01.

Запрещается оставлять работающий комплекс SPP01 без присмотра или доверять обслуживанию третьим лицам.

Наблюдение за режимом горения в энергетическом модуле комплекса SPP01 допускается производить только через специально предусмотренные для этого окна. Категорически запрещается открывать люки для осмотра во время разогрева, работы и охлаждения комплекса SPP01. Перед розжигом и разогревом необходима продувка контура обогрева путём включения дымососа (DR\_MSE) (на 50 Гц) и вентилятора поддува (EN\_F1) (на 25 Гц) в течение не менее 5 минут.

Категорически запрещается открывать смотровые и ревизионные люки комплекса SPP01 во время его разогрева, работы и охлаждения. Смотровые и ревизионные люки предназначены для осмотра внутренних полостей комплекса при его полной остановке и охлаждении и после продувки.

Профилактические работы на комплексе SPP01 допускается проводить после его полного охлаждения и после продувки контура пиролиза инертным газом, а контура обогрева – воздухом (путём включения дымососа (DR\_MSE) (на 50 Гц) и вентилятора поддува (EN\_F1) (на 25 Гц) в течение не менее 5 минут), при отключенной подаче электроэнергии и отключенной подаче газа (пропан/бутановой смеси) для розжига горелки.

При очистке газоходов и внутренних полостей оборудования запрещается применять легковоспламеняющиеся жидкости, такие как ацетон, бензин, спирт и т.д.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		38

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Категорически запрещается подогревать или оттаивать газоходы и аппараты комплекса SPP01 (в любом состоянии) внешними, не входящими в состав комплекса SPP01 источниками пламени и тепла (типа переносных горелок, тепловых пушек и т.д.).

Запрещается проводить сварочные и иные пожароопасные работы на смонтированном оборудовании. Для проведения сварочных и иных пожароопасных работ необходим демонтаж аппарата/газохода и его очистка от образовавшегося в процессе работы налёта. Такие виды работ проводить вне территории комплекса SPP01.

Комплекс SPP01 должен быть укомплектован переносными средствами пожаротушения (порошковыми и углекислотными огнетушителями типа ОП-Х и ОУ-Х), на каждом этаже/ярусе комплекса (3 этажа).

Комплекс SPP01 должен быть укомплектован противогАЗами с фильтром, обеспечивающим защиту от органических веществ и аэрозолей (типа ДОТ) не менее 2 штук

### 7.1. Безопасная эксплуатация производств

Модули комплекса SPP01 должны отвечать требованиям пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004-76 и действующим Правилам устройства и эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В. Все материалы, покрытия, комплектующие элементы, применяемые при создании изделий и аппаратуры, в процессе эксплуатации не должны выделять вредных и ядовитых веществ в объёме, представляющем опасность для обслуживающего персонала и потребителей. Схемное и конструктивно-компоновочное исполнение комплекса и его компонентов должно исключать возможность поражения обслуживающего персонала и потребителей электрическим током, воздействия статического электричества в соответствии с ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.018-86, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.045-84. Температура наружных поверхностей модулей комплекса, к которым имеется доступ в процессе эксплуатации и технического обслуживания, не должна превышать 50°C. Проект должен предусматривать средства защиты аппаратуры, оборудования, механизмов от несанкционированного срабатывания. Конструктивные, схемные и компоновочные решения должны обеспечивать возможность оперативного обнаружения, локализации и устранения нештатных ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации. По способу защиты от поражения электрическим током оборудование должно относиться к классу 0I по ГОСТ 12.2.007.0.90.

В контурах комплекса SPP01 циркулируют горючие газы и парогАЗовая смесь, представляющие потенциальную взрывопожароопасность при смешении с воздухом или другими окислителями.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Потенциально опасные участки газоходов, аппаратов и замкнутой емкостной аппаратуры снабжены аварийными взрывными клапанами.

Для защиты технологических процессов и оборудования от аварий и работающих от травмирования, аппараты снабжены защитными кожухами. Также решению данных задач служит теплоизоляция.

При работе необходимо обеспечить соблюдение требований ГОСТ Р 12.1.019-2009. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; СанПиН 2.2.4.1191-2003. Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

Комплекс SPP01 представляет собой единое наружное сооружение. Противопожарные разрывы между ним и другими объектами на площадке устанавливаются с учётом расположения местности, близлежащих объектов и других требований норм и правил. Конкретные расстояния между объектами на производственной площадке устанавливаются в ходе привязки проекта к местности, с учётом локальной ситуации.

## 7.2. Техника безопасности и охрана труда

Основные физические опасные и вредные производственные факторы:

- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная (пониженная) подвижность воздуха;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный уровень статического электричества;
- недостаточная освещенность рабочей зоны.

Общие нормы безопасности при ведении производственных работ — по:

- ГОСТ 2.102-2013. ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
- ГОСТ 9.014-78. Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования.
- ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

- ГОСТ 12.1.018-93. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества.

Общие требования.

- ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

- ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

- ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

- ГОСТ 12.2.007.0-75 (2001). ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

- ГОСТ 12.2.049-80. ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

- ГОСТ 12.2.063-2015. ССБТ. Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности.

- ГОСТ 12.2.064-81. ССБТ. Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности.

- ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки.

- ГОСТ 24297-2013. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля.

- ГОСТ Р 12.4.026-2015. ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

- ОСТ 26-291-94. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.

- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны, санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

- СНиП 42-01-2002. Газораспределительная система.

- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 г. №536).

- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии. Утверждены приказом Минэнерго России от 12.08.2022 г. №811.

- Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления. ПБ 12-529-03. (Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 18.03.03 г. №9).

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		41

### **7.3. Требования к безопасности используемого оборудования и обеспечению производственной безопасности**

На производстве должны разрабатываться и внедряться мероприятия по предупреждению и исключению опасных факторов, влияющих на безопасность.

Разрабатываемые мероприятия нормативного, организационного и технического характера должны иметь четкую направленность и практическую реализацию в части:

- обеспечения безопасности работ;
- предотвращения аварий;
- предотвращения порчи готовой продукции.

Промышленная безопасность должна обеспечиваться:

- техническими решениями, принятыми при проектировании;
- соблюдением требований правил безопасности и норм технологического режима всех регламентированных процессов;
- безопасной эксплуатацией технических устройств при эксплуатации, обслуживании и ремонте;
- системой подготовки квалифицированных кадров.

Предотвращение аварий должно достигаться:

- применением автоматизированного управления и противоаварийной защиты;
- регламентированным обслуживанием и ремонтом оборудования с применением диагностики неразрушающими методами контроля;
- системой мониторинга опасных факторов, влияющих на промышленную безопасность;
- накоплением и анализом банка данных по авариям и инцидентам;
- принятием предупреждающих мер по возникновению аварий.

Выполнение требований безопасности должно обеспечиваться соблюдением соответствующих утвержденных инструкций и правил по технике безопасности.

Все работающие должны пройти обучение безопасности труда по ГОСТ 12.0.004-2015, ГОСТ 12.0.003-2015.

Система производственного контроля над промышленной безопасностью должна обеспечивать:

- контроль над соблюдением требований правил промышленной безопасности;
- анализ состояния промышленной безопасности и контроль над реализацией мероприятий, направленных на её повышение;

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		42

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

- координацию работ, направленных на предупреждение аварий на опасных производственных объектах, и обеспечение готовности организации к локализации аварий и ликвидации их последствий.

Системы автоматического контроля и управления технологическими процессами, поставляемые комплектно с оборудованием или разрабатываемые и внедряемые по планам обустройства производства, должны отвечать нормам промышленной безопасности.

Размещение электрических средств и систем управления, контроля, противоаварийной защиты, связи и оповещения должно соответствовать действующим «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ).

Технологическое оборудование должно оснащаться средствами контроля параметров, обеспечивающих безопасность процесса, с регистрацией показаний и предварительной сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования, блокировкой и противоаварийной защитой.

#### **7.4. Требования к электробезопасности на производстве**

Требования к электробезопасности на производстве – по ГОСТ Р 12.1.019-2017, ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.14-75. Контроль требований электробезопасности и наличия заземления на рабочих местах – по ГОСТ 12.1.018-93.

#### **7.5. Требования к воздуху рабочей зоны**

Предельно-допустимые концентрации и класс опасности вредных веществ в воздухе рабочей зоны – по ГОСТ 12.1.005-88, СанПиН 1.2.3685-21. Сумма отношений фактических концентраций веществ, обладающих однонаправленным действием, в воздухе помещений к их ПДК не должна превышать единицы.

Предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе населенных мест – по СанПиН 1.2.3685-21.

Периодичность контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны – по ГОСТ Р 2.2.2006-05.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны определяется согласно ГОСТ 12.1.016-79, СП 1.1.1058-01 и методическим указаниям МУ 5923-91 («Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Сборник методических указаний», выпуск 12, 1992 г.) или другими аналогичными метрологически аттестованными методами из числа приведенных в справочном издании «Контроль химических и биологических параметров окружающей среды», СПб, 1998 г., изд-во «Крисмас+», гл. 5 или «Перечне методик измерений концентраций

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		43

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально  
загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий, допущенных к применению»,  
СПб, 1996 г.

Содержание аэрозолей вредных веществ в производственных помещениях контролируют (а при необходимости также проводят мониторинг) переносными или автоматическими приборами (анализаторами, сигнализаторами), допущенными к применению в установленном порядке.

Методы анализа – спектрометрический, хроматографический. Допускается применение других методик, с применением современных приборов оперативного контроля ПДК, согласованных с уполномоченными организациями и обеспечивающих достаточную точность измерения, сравнимую с нормативами ПДК.

Производственный персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.011-89 и спецодеждой по ГОСТ 12.4.103-2020 и ГОСТ 12.4.280-2014. Обеспечение работающих средствами защиты – согласно «Типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи рабочим спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты», утвержденным Постановлением Минтруда и соцразвития № 67 от 26.12.1997 г.

При превышении предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны применяют респираторы ШБ-1 «Лепесток» по ГОСТ 12.4.028-76, «РПГ-67» по ГОСТ 12.4.296-2015 или «РУ-60М» с аэрозольным фильтром по ГОСТ 12.4.296-2015, противогазы фильтрующие марки А или М, БКФ, ППФ-95М по ГОСТ 12.4.121-2015, либо шланговые изолирующие противогазы типа ПШ-1 или ПШ-2 и аналогичные согласно ГОСТ 12.4.034-2001, ГОСТ 12.4.293-2015, ГОСТ 12.4.300-2015, защитные очки по ГОСТ 12.4.253-2013.

При ведении работ необходимо соблюдать правила личной гигиены.

Для защиты кожи рук применяют защитные рукавицы (перчатки) в соответствии с ГОСТ 12.4.010-75, ГОСТ 20010-93, и средства индивидуальной защиты рук в соответствии с ГОСТ 12.4.020-82, мази и пасты в соответствии с ГОСТ Р 12.4.301-2018, а также другие средства, предусмотренные «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи рабочим спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты», утвержденными Постановлением Минтруда и соцразвития России от 26.12.1997 № 67 и «Нормами бесплатной выдачи работникам смывающих и обезвреживающих средств, порядком и условиями их выдачи», утвержденными Постановлением Минтруда и соцразвития России от 04.07.2003 № 45.

Все работающие должны проходить периодические медицинские осмотры в установленном порядке в соответствии с ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17.07.99 № 181, Постановления Правительства РФ от 27.10.2003 № 646 «О вредных и (или) опасных производственных факторах и работах, при выполнении которых

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально  
 проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядке проведения этих осмотров (обследований)» и приказом Минздрава и соцразвития РФ № 83 от 16.08.2004 г.

На рабочих участках запрещены приём пищи и хранение пищевых продуктов.

К работам допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж на рабочем месте и обучение по охране труда в соответствии с требованиями совместного Постановления Министерств труда и соцразвития России и Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 «Об утверждении порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».

Разработка оргтехмероприятий по охране труда – по ГОСТ Р 51897-2011 и ГОСТ Р 51898-2002; оборудование рабочих мест – по ГОСТ 12.2.061-81, ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 12.2.033-78.

### 7.6. Требования к расположению модулей установки

Для предотвращения ущерба подстилающей поверхности под днищем модулей Комплекса SPP01, имеющих повышенную температуру, предусматривается зазор между внешней поверхностью кожуха аппарата и подстилающей поверхностью в размере не менее 200 мм.

## 8. Контроль качества продукции

Таблица 35. Контроль качества продукции

Наименование стадий процесса, анализируемого продукта	Место отбора пробы (место установки анализатора)	Контролируемые показатели	Значения	Методы контроля (методика анализа, номер ГОСТ или ТУ)	Частота контроля	Кто контролирует
Угlistый остаток	Склад хранения угlistого остатка	Влажность	Не более 3%	ГОСТ 33625-2015	1 раз в год	Независимая испытательная лаборатория
Угlistый остаток	Склад хранения угlistого остатка	Зольность	Не более 70%	ГОСТ 33625-2015	1 раз в год	Независимая испытательная лаборатория

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Углистый остаток	Склад хранения углистого остатка	Содержание углерода	Не менее 15%	ГОСТ 7657-84	1 раз в год	Независимая испытательная лаборатория
Углистый остаток	Склад хранения углистого остатка	Низшая теплота сгорания	Не менее 8 МДж/кг	ГОСТ 147-2013	1 раз в год	Независимая испытательная лаборатория

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

см. Раздел 6 тома «ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ»

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		47

## 10. Комплектность технической документации

Техническая документация — это документация, которая используется при проектировании, изготовлении и эксплуатации каких-либо технических объектов: зданий, сооружений, промышленных товаров, программного и аппаратного обеспечения. В данном случае комплект технической документации включает:

- Технологический регламент
- Технические условия ТУ 20.13.21-005-55896839-2023 «Углистый остаток»
- Паспорт комплекса SPP01
- Руководство по эксплуатации комплекса SPP01
- Комплект чертежей на комплекс.

## 11. Пример описания производственного комплекса SPP01-1-10000/500.1-610.42E8.11204.10450.C014.FC4

Комплекс SPP состоит из модулей, взаимно соединённых между собой технологическими коммуникациями:

- 1) модуль загрузки;
- 2) реакторный модуль;
- 3) модуль выгрузки;
- 4) энергетический модуль;
- 5) газоход высокотемпературных газов;
- 6) модуль управления 1;
- 7) модуль управления; 2;
- 8) сушильный модуль первой стадии;
- 9) сушильный модуль второй стадии;
- 10) циклон;
- 11) скруббер;
- 12) механизированный склад сырья;
- 13) модуль очистки газов

Годовая производительность комплекса SPP01 составляет 10000 т/г по сырью с влажностью 90%.

Перечень видов отходов, переработка которых может осуществляться с помощью комплекса SPP01, представлен в Приложении А.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Для каждого случая проводятся исследования работы на данном виде сырья, в рамках которых подготавливается модельная смесь сырья, и определяется материальный и тепловой баланс. Комплекс SPP01 на конкретном предприятии работает на определённом виде сырья. При необходимости переработки нескольких видов сырья, для обеспечения качества производимого углистого остатка, работа может осуществляться отдельно на каждом виде. Комплекс SPP01 позволяет перерабатывать смеси различных отходов, не вступающих между собой в химические реакции при смешивании. Формирование групп утилизируемых отходов было проведено на основе групп, указанных в ФККО.

В таблице 38 представлен материальный баланс переработки различных видов иловых осадков.

Таблица 38. Материальный баланс переработки различных видов иловых осадков<sup>6</sup>

№	Вид сырья	Влажность, %	Зольность, % а.с.в.	Высшая теплота сгорания, МДж/кг	Выход углистого остатка, % а.с.в.
1	Иловый осадок коммунальный	82	23	18,8	41
2	Иловый осадок промышленный сток	87-92	7-11	19,8-20,8	24-43
3	Иловый осадок шлам физико-химической очистки	76-79	23-34	14,2-17,5	29-41
4	Иловый осадок депонированный	77	42	10,9	39

Производительность установки зависит от исходной влажности илового осадка. На рис. 6 представлена зависимость производительности комплекса от влажности исходного сырья.

<sup>6</sup> Отражены показатели, полученные в рамках проведения ОПИ на сырье конкретных предприятий. Данные ОПИ представлены в отчёте Краткое описание результатов, полученных при опытно-промышленных испытаниях на различных видах иловых осадков (Приложение В)

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		49

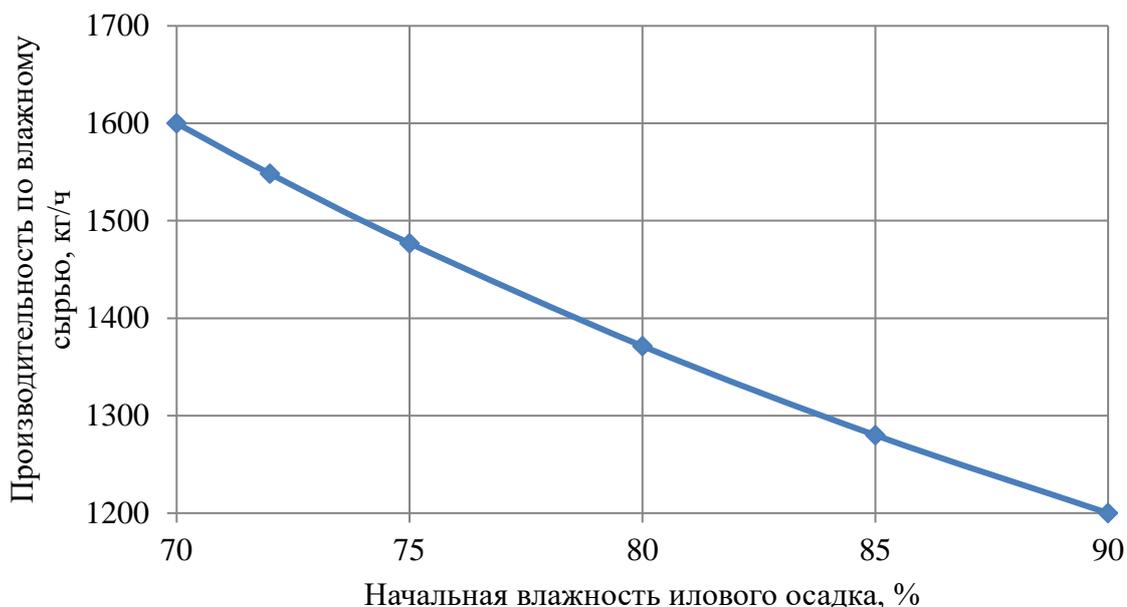


Рис. 6. Изменение производительности комплекса в зависимости от начальной влажности илового осадка

В качестве топлива для комплекса SPP01 могут использоваться природный газ, жидкое или твёрдое топливо.

Ориентировочные затраты электрической энергии на работу комплекса SPP01 представлены в таблице 39.

Таблица 39. Затраты электрической энергии на работу комплекса SPP01<sup>7</sup>

№	Шифр	Наименование	Мощность, кВт	
			Установ- ленная	Эксплуа- ционная
1	SPP01-1.01.000.000	Модуль загрузки	10,2	2,6
2	SPP01-1.02.000.000	Реакторный модуль	16,5	4,1
3	SPP01-1.03.000.000	Модуль выгрузки	5,5	1,4
4	SPP01-1.04.000.000	Энергетический модуль	8	2
5	SPP01-1.05.000.000	Газоход высокотемпературных газов	0	0
6	SPP01-1.06.000.000	Модуль управления-1	0,9	0,2
7	SPP01-1.07.000.000	Модуль управления-2	4,9	1,2
8	SPP01-1.08.000.000	Сушильный модуль первой стадии	71,5	17,9

<sup>7</sup> Отражены показатели, полученные в рамках проведения ОПИ на сырье конкретных предприятий. Данные ОПИ представлены в отчёте Краткое описание результатов, полученных при опытно-промышленных испытаниях на различных видах иловых осадков (Приложение В)

9	SPP01-1.09.000.000	Сушильный модуль второй стадии	23,9	6
10	SPP01-1.10.000.000	Циклон	0	0
11	SPP01-1.11.000.000	Скруббер	23	5,8
12	SPP01-1.12.000.000	Механизированный склад сырья	10	2,5
13	SPP01-1.13.000.000	Модуль очистки газов	7,5	7,5
		ИТОГО:	189,5	51,2

### 11.1. Технологическая схема производства

Технологическая схема производства представлена в приложении Б.

Технологическая схема включает в себя ряд модулей, которые сообщаются между собой для передачи материальных, энергетических и информационных потоков. Комплекс SPP01 включает в себя следующие модули:

- 1) модуль загрузки;
- 2) реакторный модуль;
- 3) модуль выгрузки;
- 4) энергетический модуль;
- 5) газоход высокотемпературных газов;
- 6) модуль управления 1;
- 7) модуль управления; 2;
- 8) сушильный модуль первой стадии;
- 9) сушильный модуль второй стадии;
- 10) циклон;
- 11) скруббер;
- 12) механизированный склад сырья;
- 13) модуль очистки газов

Ниже представлены более подробные технологические схемы отдельных модулей.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		51

11.1.1. Модуль загрузки

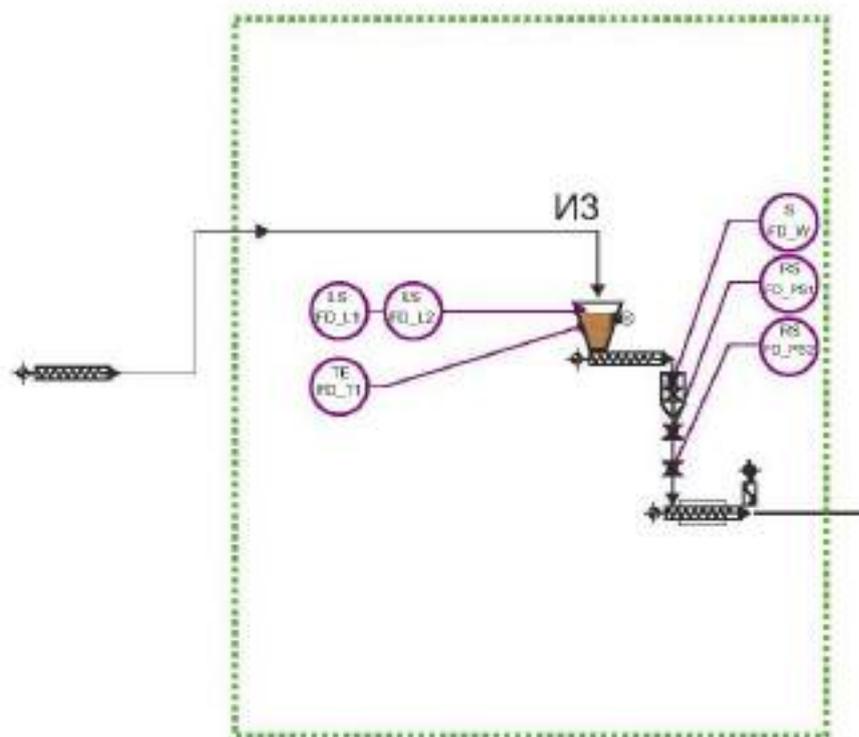


Рис. 7. Схема установки датчиков модуля загрузки

Таблица 40. Спецификация модуля загрузки

№	Обозначение	Количество, шт.
1	Бункер загрузочного устройства	1
2	Шнековый транспортёр	2
3	Взвешивающий узел поданного сырья	1
4	Двухклапанное устройство	2
5	Вертикальный шнек ворошитель	1

Таблица 41. Перечень датчиков модуля загрузки

№	Обозначение	Кол-во	Тип датчика	Примечание
1	FD_L1, FD_L2	2	Датчик уровня	Сигнализирует о критическом уровне в загрузочном бункере
2	FD_T1	1	Термопара ХА до 900°С	Температура в бункере, сигнализирует пожар
3	FD_PS1, FD_PS2	2	Датчик положения клапана	

4	FD_W	1	Тензометрический датчик	
---	------	---	-------------------------	--

### 11.1.2. Реакторный модуль

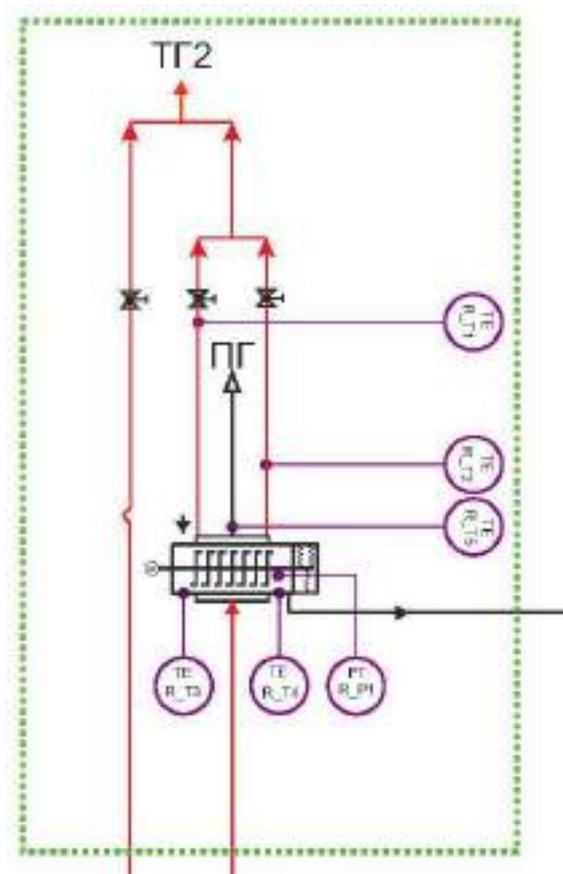


Рис. 8. Схема установки датчиков реакторного модуля

Таблица 42. Спецификация модуля реактора

№	Обозначение	Количество, шт.
1	Реактор (камера пиролиза)	1
2	Лопатки реактора	7
3	Рубашка реактора	1
4	Вал реактора	1
5	Прижимное устройство	1

Таблица 43. Перечень датчиков реакторного модуля

№	Обозначение	Кол-во	Тип датчика	Примечание

1	R_T1, R_T2, R_T3, R_T4, R_T5	5	Термопара ХА до 900°С	Температура в реакторе
2	R_P1	1	Датчик давления/разряжения ±0,02 Бар	Датчик давления/разряжения в реакторе

### 11.1.3. Модуль выгрузки

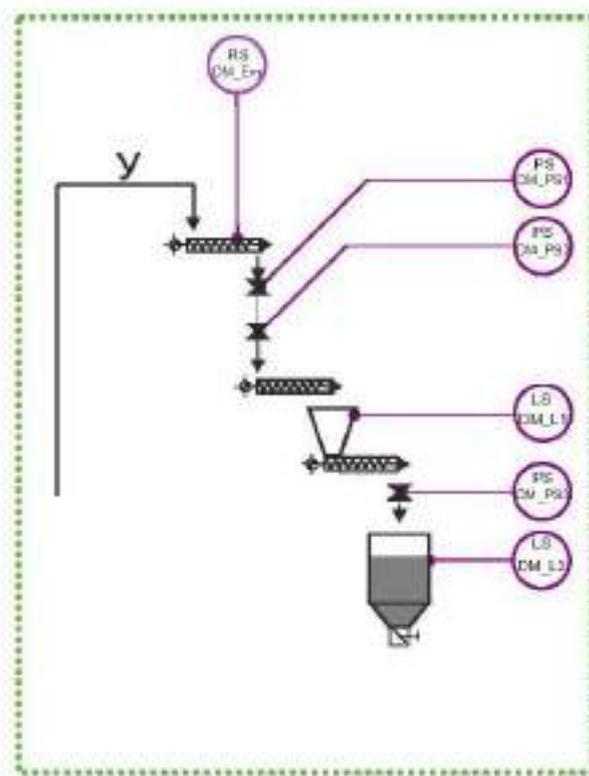


Рис. 9. Схема установки датчиков модуля выгрузки

Таблица 44. Спецификация модуля выгрузки

№	Обозначение	Количество, шт.
1	Шнековый транспортёр	3
2	Двухклапанное устройство	1
3	Промежуточный бункер	1
4	Герметизирующее устройство выгрузки в тушительщик	1
5	Тушительщик	1

Таблица 45. Перечень датчиков модуля выгрузки

№	Обозначение	Кол-во	Тип датчика	Примечание

1	DM_PS1, DM_PS2, DM_PS3	3	Датчик положения	
2	DM_L1, DM_L2	2	Датчик уровня	
3	DM_Em	1	Датчик аварийного отключения шнековых транспортеров	

#### 11.1.4. Энергетический модуль

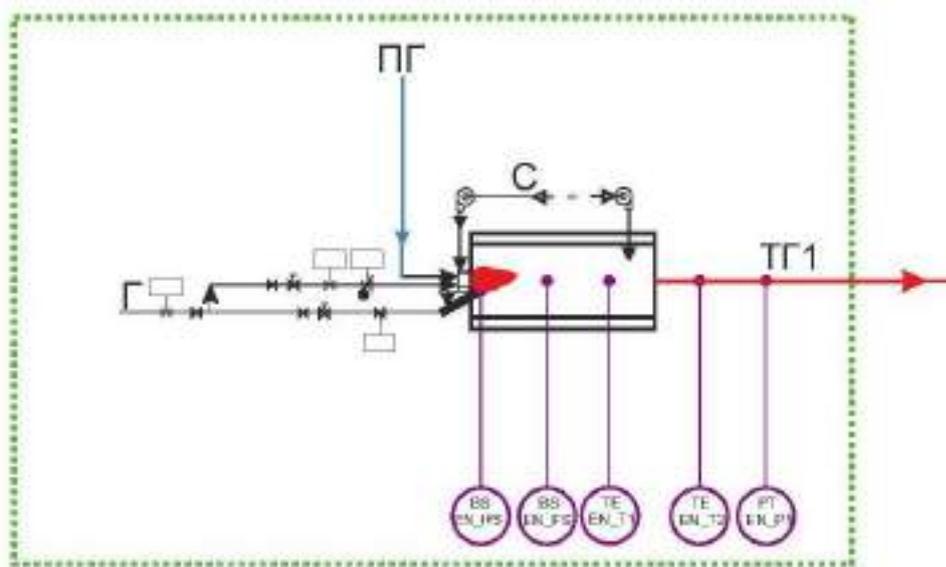


Рис. 10. Схема установки датчиков энергетического модуля

Таблица 46. Спецификация энергетического модуля

№	Обозначение	Количество, шт.
1	Топочная камера	2
2	Фурма	1
3	Вентилятор	2
4	Запальное устройство	1
5	Основная горелка	1

Таблица 47. Перечень датчиков энергетического модуля

№	Обозначение	Кол-во	Тип датчика	Примечание
1	EN_T1, EN_T2	2	Термопара ХА до 1100°C	Температура
2	EN_P1	1	Датчик давления/разряжения	Датчик давления/разряжения в энергетическом модуле



2	DR_L1, DR_L2, DR_L3	3	Датчики уровня	
3	DR_P1, DR_P2	2	Датчик давления/разряжения $\pm 0,02$ Бар	Датчик давления/разряжения
4	DR_Em1, DR_Em2	2	Датчик аварийного отключения шнековых транспортеров	

### 11.1.6. Сушильный модуль второй стадии

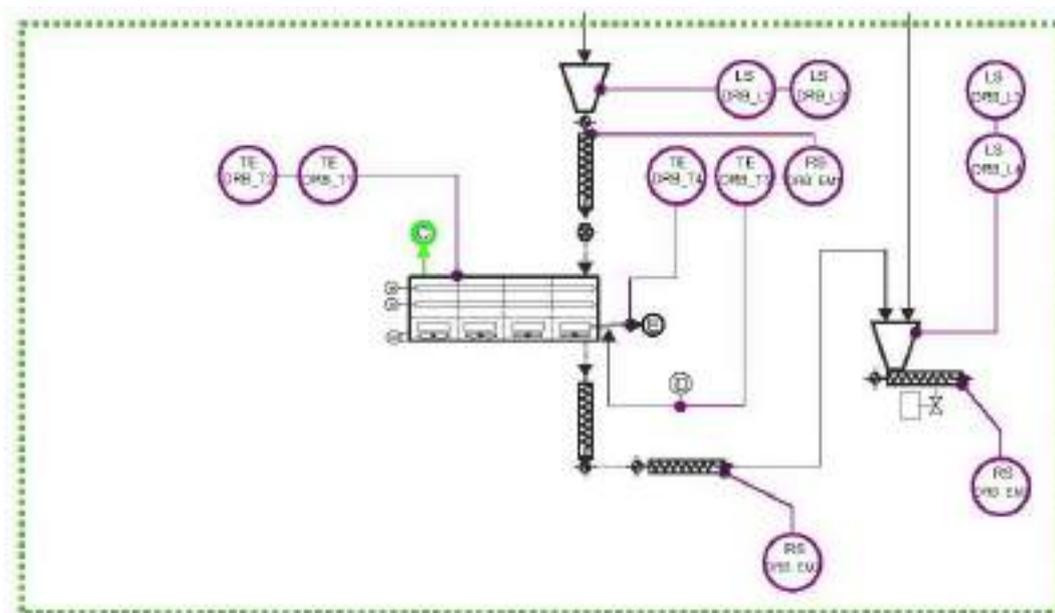


Рис. 12. Схема установки датчиков в сушильном модуле второй стадии

Таблица 50. Спецификация сушильного модуля второй стадии

№	Обозначение	Количество, шт.
1	Вентиляторы обдува	6
2	Калориферы	12
3	Бункер загрузочный	1
4	Шнековый транспортер	4
5	Сушильная камера	1
6	Бункер выгрузочный	1
7	Секторный питатель	1

Таблица 51. Перечень датчиков сушильного модуля второй стадии

№	Обозначение	Кол-во	Тип датчика	Примечание
1	DRB_T1 - DRB_T4	4	Термопара ХК до 300°C	Температура

2	DRB_L1 - DRB_L4	4	Датчики уровня	
	DRB_Em1 - DR_Em3	3	Датчик аварийного отключения шнековых транспортеров	

### 11.1.7. Скруббер

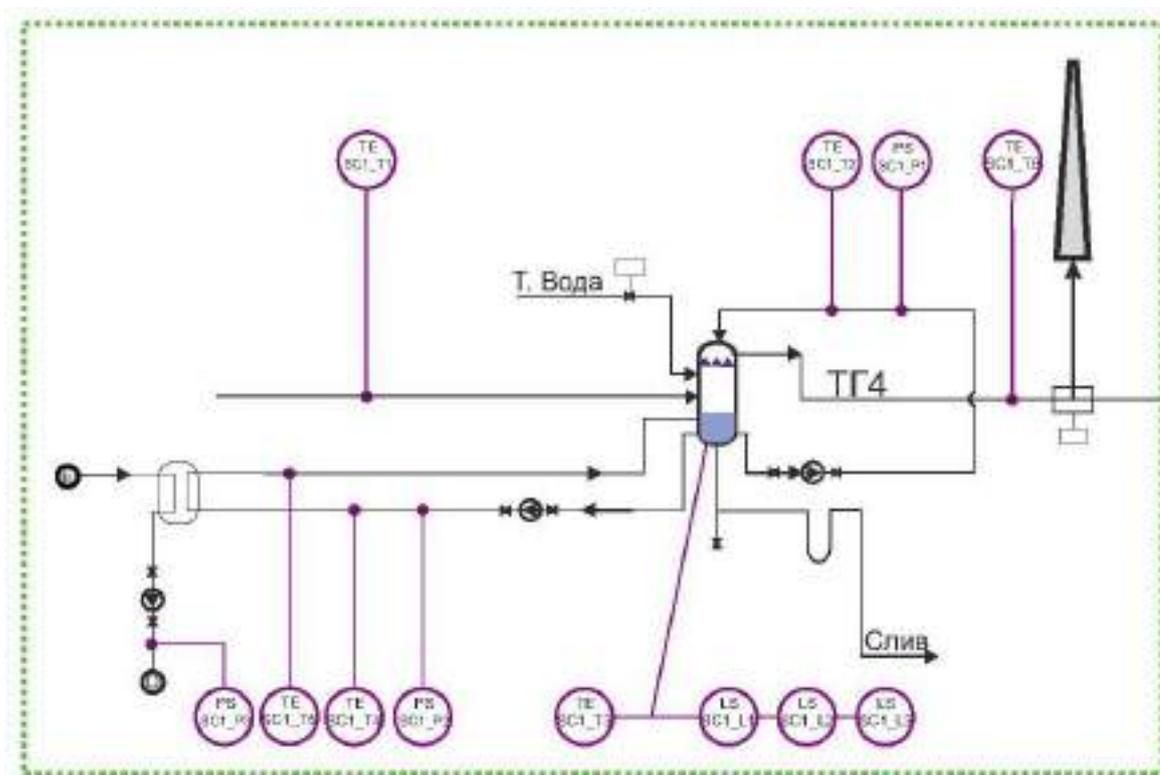


Рис. 13. Схема скруббера

Таблица 52. Спецификация скруббера

№	Обозначение	Количество, шт.
1	Скруббер распыливающий	1
2	Насос циркуляционный	3
3	Манометр показывающий стрелочный	3
4	Теплообменник водоводяной	2
5	Труба аварийного сброса газов	1

Таблица 53. Перечень датчиков скруббера

№	Обозначение	Кол-во	Тип датчика	Примечание
1	SC1_T1-SC1_T6	6	Термопара ХК до 300°С	Температура
2	SC1_P1-SC1_P3	3	Датчик давления 0-10 бар	
3	SC1_L1- SC1_L3	3	Датчик уровня жидкости	

### 11.1.8. Механизированный склад сыра

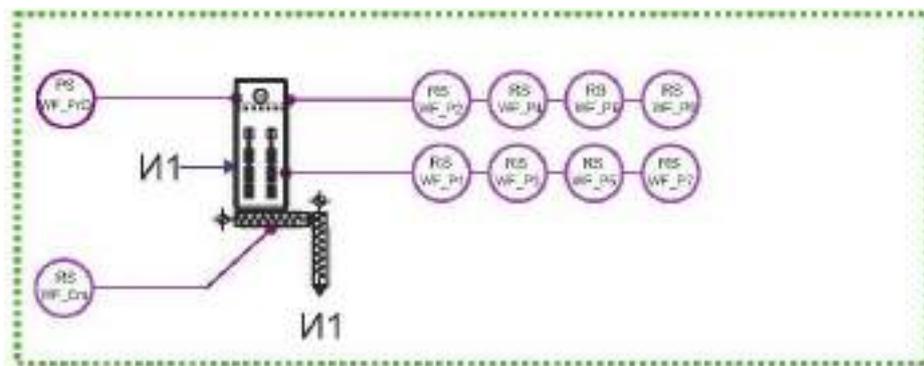


Рис. 14. Схема установки датчиков в механизированном складе сыра

Таблица 54. Спецификация механизированного склада сыра

№	Обозначение	Количество, шт.
1	Гидростанция	1
2	Шнековый транспортер	2
3	Скребки - толкатели	2

Таблица 55. Перечень датчиков механизированного склада сыра

№	Обозначение	Кол-во	Тип датчика	Примечание
1	WF_PrO	1	Датчик давления 0-200 Бар	Датчик давления масла
2	WF_P1- WF_P8	8	Датчики положения гидроцилиндров	
	WF_Em	1	Датчик аварийного отключения шнековых транспортеров	

## 11.2. Спецификация на основное технологическое оборудование и технические устройства

Таблица 56. Спецификация на основное технологическое оборудование и технические средства

№	Шифр	Наименование	Количество, шт.	Масса, т	Габаритные размеры, м
1	SPP01-1.01.000.000	Модуль загрузки	1	3,7	5,7*4,2*2,2
2	SPP01-1.02.000.000	Реакторный модуль	1	6,5	7,15*3,3*2,2
3	SPP01-1.03.000.000	Модуль выгрузки	1	4	6,7*4,2*2,2

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		59

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

4	SPP01-1.04.000.000	Энергетический модуль	1	4,7	6,6*2,5*2,2
5	SPP01-1.05.000.000	Газоход высокотемпературных газов	1	3,1	7,5*3,3*3,1
6	SPP01-1.06.000.000	Модуль управления-1	1	2,1	3,5*2,6*2,6
7	SPP01-1.07.000.000	Модуль управления-2	1	2	1,5*2,3*2,3
8	SPP01-1.08.000.000	Сушильный модуль первой стадии	1	7	11,4*2,3*2,2
9	SPP01-1.09.000.000	Сушильный модуль второй стадии	1	4	10*2,3*2,1
10	SPP01-1.10.000.000	Циклон	1	3	5,9*2,3*2,2
11	SPP01-1.11.000.000	Скруббер	1	4	5,9*2,3*2,2
12	SPP01-1.12.000.000	Механизированный склад сырья	1	5	8,6*3*2,3
13	SPP01-1.13.000.000	Модуль очистки газов	1		12*5*2,65

\* масса без учёта футеровки

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		60

**12. Сравнение с ИТС 9-2020 Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами**

Перечень применяемых НДТ:

ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами»

НДТ-1 НДТ содержит подходы в обращении с различными видами отходов, в том числе с имеющими "нежелательные" характеристики.

Для работы с отходами, имеющими «нежелательные» характеристики, будут применяться: механическая подготовка сырья измельчением; пеллетирование, брикетирование сырья; магнитная сепарация; сортировка сырья; тепловая обработка сырья (подогрев, термомодификация); смешение сырья с добавками; отжим сырья; технологическая выдержка сырья. Характеристики стадии подготовки сырья представлены в таблице 2 ТР.

НДТ-2 НДТ содержит подходы, связанные с контролем отходов визуальными, инструментальными, лабораторными способами.

Входящее сырьё подвергается предварительному входному контролю визуальными методами.

В ТР предусмотрена стадия подготовки сырья. Стадия подготовки сырья включает:

Магнитная сепарация

Сортировка сырья

Смешение сырья с добавками (реагенты, сухое сырьё и т.д.)

Отжим сырья

Технологическая выдержка сырья

НДТ-3 НДТ содержит подходы, связанные с обеспечением безопасности и оптимизации хранения отходов с учетом их специфики и морфологии.

В технологии реализованы следующие подходы: система пожаротушения (безопасное складирование отходов), система гидравлического перемещения сырья (обеспечение формирования технологических партий), система конвейерного транспортирования (обеспечение непрерывности процессов подготовки).

НДТ-4 НДТ содержит подходы, связанные с обработкой отходов в соответствии с их спецификой, с целью обеспечения стабильного состава отходов, подаваемых на термическую деструкцию.

Технологией предусмотрены механическая подготовка сырья измельчением; смешение сырья с добавками; технологическая выдержка сырья.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

НДТ-5 ДТ содержит подходы, учет которых обеспечивает подвод оптимального расчетного количества воздуха.

Технологией предусмотрена стадия обработки парогазовой смеси. В рамках неё будут осуществляться: сжигание неконденсированных газов

Сжигание парогазовой смеси

Сжигание части парогазовой смеси

С использованием неконденсированного газа в ДВС и тепловых машинах

Сжигание стороннего топлива

Система автоматизации поддерживает температуру топочных газов на выходе из энергетического модуля на заданном уровне и обеспечивает подачу топлива (газа). Алгоритм автоматизации предусматривает адаптацию к различным видам топлива и настройку требуемой подачи топлива, подстраивает требуемую подачу топлива/дутья для обеспечения заданной температуры и тепловой мощности.

Таким образом, в энергетический модуль подводится достаточное количество кислорода (в виде воздуха) для обеспечения того, чтобы реакции горения проходили до полного завершения.

НДТ-7 НДТ содержит подходы, связанные с обеспечением энергоэффективности технологий утилизации и обезвреживания отходов термическим способом, посредством подвода вторичного воздуха (его подогрева, точек подвода).

Технологией предусмотрена подача вторичного воздуха в камеру сгорания с помощью вентилятора.

НДТ-8 НДТ содержит подходы, позволяющие снизить содержание азота в воздухе, температуру сопел, для сокращения NOx.

Подача парогазовой смеси и природного газа в камеру сгорания осуществляется через сопла. Применяются сопла специальной конструкции – спиральные гидравлические форсунки (pig tail).

НДТ-9 НДТ содержит подходы, связанные с частичной заменой вторичного воздуха на отходящие дымовые газы (после газоочистки) для оптимизации затрат на эксплуатацию газоочистного оборудования и сокращением выбросов NOx.

Отходящие из камеры сгорания дымовые газы используются для нагрева реактора, затем для сушки первой ступени, затем оставшееся тепло снимается в скруббере и передаётся на сушку второй ступени.

НДТ-11 НДТ содержит подходы, связанные с конструкцией печей, использование которой позволяет нивелировать требования к свойствам сырья. В качестве теплоносителей рассматриваются различные виды жидкостей и контуры охлаждения.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		62

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

В технологии используется реактор с обогревом дымовыми газами через наружную рубашку. Внутри реактора установлен ротор с лопатками, прижимающими частицы сырья к нагреваемым стенкам. Это позволяет нивелировать требования к свойствам сырья.

НДТ-12 НДТ содержит подходы, связанные с обеспечением полноты сгорания органической части отходов с одновременным увеличением термической деструкции отходов, улучшением возможностей для использования остатков, утилизации энергетической ценности отходов.

Время нахождения сырья в реакторе регулируется скоростью вращения ротора и задаётся для обеспечения полноты термического разложения сырья. Степень полноты может регистрироваться по свойствам углистого остатка (содержание летучих), а также по температуре сгорания парогазовой смеси в камере сгорания топki.

НДТ-15 НДТ содержит подходы, связанные с гарантированным обеспечением достаточной температуры в камере сгорания и наилучшим запуском установки, в части экологических и эксплуатационных параметров.

Система автоматизации поддерживает температуру топочных газов на выходе из энергетического модуля на заданном уровне и обеспечивает подачу топлива (газа). Алгоритм автоматизации предусматривает адаптацию к различным видам топлива и настройку требуемой подачи топлива, подстраивает требуемую подачу топлива/дутья для обеспечения заданной температуры и тепловой мощности.

НДТ-16 НДТ содержит подходы, связанные с использованием тепла от установок на внешние нужды, например выработку энергии, производственного пара и т.п.

В рамках технологии тепло от сжигания парогазовой смеси и природного газа используется последовательно на нагрев реактора пиролиза, сушку первой ступени и сушку второй ступени.

НДТ-19 НДТ содержит подходы, направленные на выполнение задач технического обслуживания и технической поддержки.

Работа установки происходит с применением системы автоматизации Scada.

НДТ-20 НДТ содержит подходы, связанные с обеспечением энергосбережения посредством оптимизации системы управления технологическим процессом и эксплуатационных параметров.

В составе установки имеются следующие частотно-регулируемые приводы: привод шнека подачи сырья в сушилку первой стадии, привод шнека выгрузки сырья из сушилки первой стадии, привод ротора сушилки первой стадии, привод дымососа, приводы ленты сушилки второй стадии, привод шнека подачи сухого сырья в реактор пиролиза, привод ротора реактора,

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

привод вентиляторов в энергетическом модуле, привод шнека выгрузки углистого остатка из реактора.

НДТ-21 НДТ содержит подходы, связанные с использованием различных систем охлаждения для оптимизации энергоэффективности в соответствии с условиями подключения к инженерным сетям.

Топочные газы после сушки первой ступени направляются в скруббер для охлаждения, при этом снятая теплота используется для сушки второй ступени.

НДТ-24 НДТ содержит подходы, связанные с многофакторным контролем технологических систем для эффективного функционирования установок.

Работа установки происходит с применением системы автоматизации Scada.

НДТ-25 НДТ содержит подходы, связанные с обеспыливанием, посредством использования определенных технических систем.

Установка снабжена скрубберами и системой очистки для отделения твёрдых частиц от газовых выбросов.

НДТ-27 НДТ содержит подходы, связанные с заключительным этапом очистки дымовых газов перед выбросом газов в дымовую трубу.

Доочистка дымовых газов осуществляется на третьей стадии системы очистки. Третья ступень очистки – финишная, представляет собой адсорбционный аппарат. В качестве адсорбента используется активированный уголь.

НДТ-28 НДТ содержит подходы, связанные с необходимостью одновременного снижения выбросов пыли, тяжелых металлов, ртути, ПХДД/ПХДФ и кислых газов.

Технологией предусмотрена система обеспыливания в виде циклона. Также технологией предусмотрено 2 системы мокрой очистки: раствором соды и раствором серной кислоты.

НДТ-31 НДТ содержит подходы, связанные с улавливанием нерастворимых в абсорбционных растворах кислых газов, а также пыли, ПХДД/ПХДФ и ртути.

Технологией предусмотрено 2 системы мокрой очистки: раствором соды и раствором серной кислоты. Полусухая система газоочистки реализована в виде стадий контакта дымовых газов с растворами соды и серной кислоты с последующей очисткой адсорбентом – активированным углем

НДТ-32 НДТ содержит подходы, связанные с увеличением эффективности мокрой системы газоочистки.

Жидкие компоненты системы газоочистки – раствор соды и раствор серной кислоты – циркулируют в скрубберах.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

НДТ-34 НДТ содержит подходы, связанные с поддержанием эффективности абсорбции кислых газов.

Скруббер оснащен контроллером рН, при снижении рН ниже критического в систему добавляется раствор соды.

НДТ-36 НДТ содержит подходы, связанные с оптимизацией выбора реагента в зависимости от конструкции аппаратов газоочистки.

На первой ступени происходит очистка от кислых газов (оксиды азота, серы). В качестве хемосорбента предлагается использовать раствор соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

НДТ-40 НДТ содержит подходы, связанные со снижением пребывания запыленного газа в температурной зоне от 450 до 200°C.

Данная температурная зона находится между рубашкой реактора и выходом из сушилки. Снижение времени пребывания газов в этой зоне осуществляется с использованием дымососа.

НДТ-46 НДТ содержит подходы, связанные с сокращением ПХДД/ПХДФ в результате прохождения отходящих газов через мокрый и сухой неподвижный коксовый/угольный слой.

Технология предусматривает адсорбцию в неподвижном слое на третьей ступени очистки – очистка активированным углём.

НДТ-61 НДТ содержит подходы, связанные с использованием КИПиА для получения достоверной информации о параметрах технологического процесса.

Модули SPP01 имеют системы автоматизации для контроля над основными техническими параметрами. В технологическом регламенте представлено описание контролируемых параметров каждого модуля.

НДТ-62 НДТ содержит подходы, связанные с использованием оптических или инфракрасных измерительных систем, ультразвуковых и визуальных камер.

Энергетический модуль снабжён фотодатчиком наличия пламени и ионизационным датчиком пламени для мониторинга горения в топке.

НДТ-66 НДТ содержит подходы, связанные с сокращением образования загрязняющих веществ.

Параметры технологического процесса непрерывно фиксируются в программе Scada.

НДТ-72 НДТ содержит подходы, связанные с возможностью хранения зольных остатков для приобретения ими требуемых свойств.

После выгрузки углистого остатка необходимо проводить его стабилизацию путём отстаивания при температуре не более 50°C в течение не менее 24 ч, после чего его срок хранения неограничен при исключении нагрева до температуры выше 50°C, попадания прямых солнечных лучей, воздействия открытого пламени, искр и т.п.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

ООО «ТУ БИО ИНТЕЛЛЕКТ» Конфиденциально

Технологические показатели применяемых НДТ установлены приказом от 12 ноября 2021 года № 844 «Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий утилизации и обезвреживания отходов, в том числе термическими способами».

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		66

### 13. Перечень используемых сокращений

а.с.в. – абсолютно сухое вещество

ОПИ – опытно-промышленные испытания

ПГС – парогазовая смесь

ПНР – пуско-наладочные работы

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

### 14. Список литературы:

1. Мунц, В.А. Горение и конверсия органических топлив : учебное пособие / Мунц В.А., Королев В.Н. — Екатеринбург : УрФУ, 2016. — 244 с.
2. Рязанов С.С. Влияние температуры пиролиза осадков муниципальных сточных вод на формы тяжелых металлов (Cu, Ni, Pb) / Рязанов С.С., Кулагина В.И., Грачев А.Н., Солодникова О.М., Сунгатуллина Л.М. // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности. Сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции. – 2018. – С. 31-33.

					<b>ТР 02/01-2024</b>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		67