

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»  
(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей  
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование современных методов очистки выбросов цехов  
амселитры и карбамида от пыли продукта (на примере ПАО  
«КуйбышевАзот»)

Студент

Е.В. Титкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.В. Краснов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

В.В. Петрова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.п.н., профессор Л.Н.Горина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

Тольятти 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	11
1 Информационный обзор деятельности химических предприятий РФ, ПАО «КуйбышевАзот» .....	11
1.1 Данные о деятельности предприятий, производимых аммиачную селитру и карбамид в РФ .....	12
1.2 Технические характеристики деятельности предприятия ПАО «КуйбышевАзот» по направлению производства аммиачной селитры и карбамида.....	19
1.2.1 Мощность производства аммиачной селитры .....	24
1.2.2 Данные о функционировании производства карбамида .....	26
1.2.3 Сведения о реконструкциях цехов производства аммиачной селитры и карбамида.....	32
1.3 Перспективы развития производства минеральных удобрений в РФ .....	35
1.4 Специфические источники опасности при производстве карбамида и аммиачной селитры.....	36
2 Существующая система очистки выбросов цехов амселитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот» .....	39
2.1 Проект № 022.16.03-609А ООО «Ладахим» г. Тольятти .....	39
2.2 Назначение и границы обслуживания .....	40
2.3 Описание технологической схемы .....	45
2.4 Технологический контроль производства .....	49
2.5 Аналитический контроль .....	52
2.6 Системы противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) .....	53
2.7 Действия работающего при срабатывании системы ПАЗ .....	57
2.8 Порядок подготовки к пуску, пуск и остановка оборудования.....	57
3 Современные методы очистки выбросов химических предприятий от пыли .....	63

3.1 Технические принципы и методы очистки выбросов карбамида и амселитры от пыли.....	65
3.1.1 Гравитационное осаждение, как сухой метод механической очистки от пыли .....	67
3.1.2 Инерционное осаждение - метод механической очистки от пыли .....	68
3.1.3 Центробежные методы очистки - методы механической очистки от пыли .....	70
3.1.4 Электростатическая очистка газов от аэрозолей .....	72
3.2 Двухзонный электрофильтр для очистки газов .....	73
3.3 Способ очистки газа.....	74
3.4 Способ производства аммиачной селитры и фильтрующий элемент для тонкой очистки паровоздушной смеси перед сбросом в атмосферу от аммиачной селитры и аммиака.....	76
3.5 Способ очистки газа от пыли и устройство для его осуществления .....	78
3.6 Блочно-модульная система комплексной очистки воздуха промышленных предприятий.....	81
3.7 Электрофильтры. Инновационные технические решения.....	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	84

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в силу быстрого темпа развития рыночной экономики и научно-технического прогресса перед человечеством возникает глобальная проблема обеспечения безопасности в техносферном пространстве.

«В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации» [1]. В связи с вышеописанным фактом, стоит обратить внимание на увеличение современного техносферного пространства в условиях нормального функционирования и жизнедеятельности биосферы: природы и человека.

На сегодняшний день наблюдается активный рост химической промышленности в РФ. Значение химической промышленности для других отраслей и сфер деятельности человека масштабно и значимо. Особенно важны поставки химической продукции для нормального функционирования сельского хозяйства.

Распределение опасных производственных объектов на классы в нормативной базе РФ определило и расширило понимание классификационной характеристики предприятий нашей страны [3]. Также появился термин «обоснование безопасности» как фактор определения негативного воздействия того или иного предприятия на окружающую среду.

Аммиачная селитра и карбамид – продукты, получаемые при производстве на объекте ПАО «КуйбышевАзот». Одно из крупнейших предприятий не только в г. о. Тольятти, но и по стране. Обороты производимой продукции наращиваются с каждым годом. Так в 2000 г. Объем производимой продукции аммиачной селитры и карбамида составил соответственно 299,8 тыс. тонн и 192,3 тыс. тонн, а к 2018 г ситуация

изменилась следующими показателями – 625,4 тыс. тонн и 356,5 тыс. тонн [2].

Аммиачная селитра – нитрат аммония ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), необходимый для производства азотных удобрений. Преимущество производства аммиачной селитры – применение его не только в качестве основного удобрения, но и как подкормку. Эффективно применение ранней весной для подкормки зерновых культур. Аммиачная селитра на ПАО «КуйбышевАзот» производится по двум маркам: А – производственная; Б – в сельском хозяйстве [2-5,6]. На рисунке 1 приведены данные об участии ПАО «КуйбышевАзот» в производстве азотных удобрений в РФ в 2016 году. Из них видно, что рассматриваемое предприятие производит 5% от общей массы всех азотных удобрений, производимых в России.

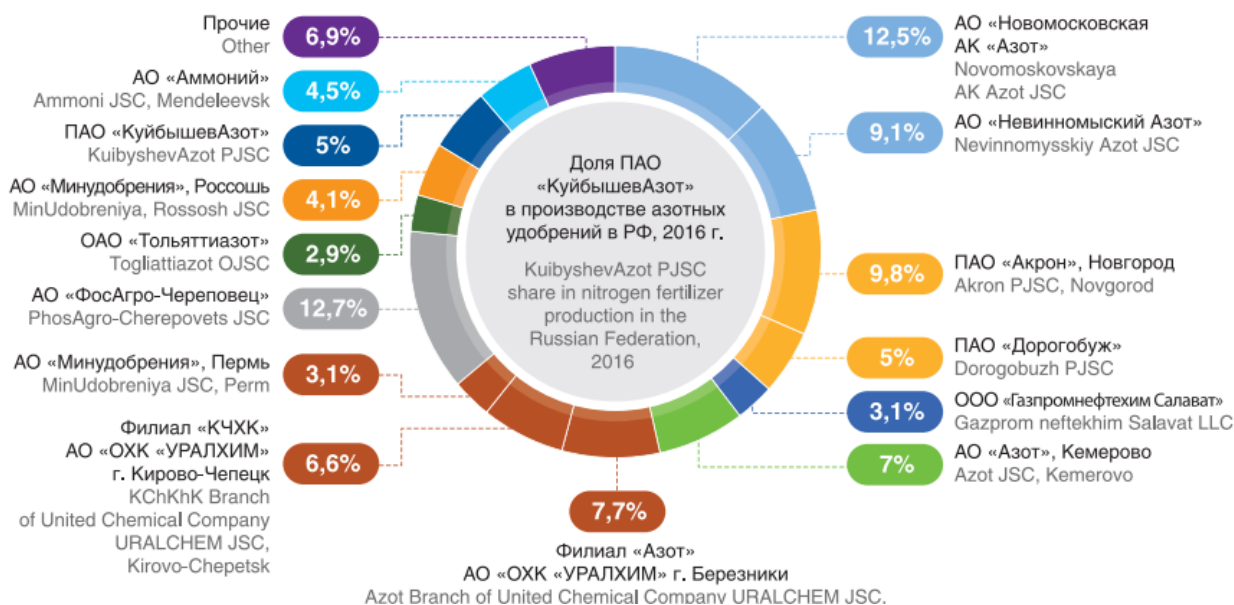


Рисунок 1- Доля ПАО «КуйбышевАзот» в производстве азотных удобрений в РФ в 2016 году

Также следует заметить, что с 2013 года происходит наращивание производственных оборотов. На рисунке 2 представлены данные выручки от реализации с разбивкой по основным продуктам ПАО «КуйбышевАзот», 2006-2016 гг.

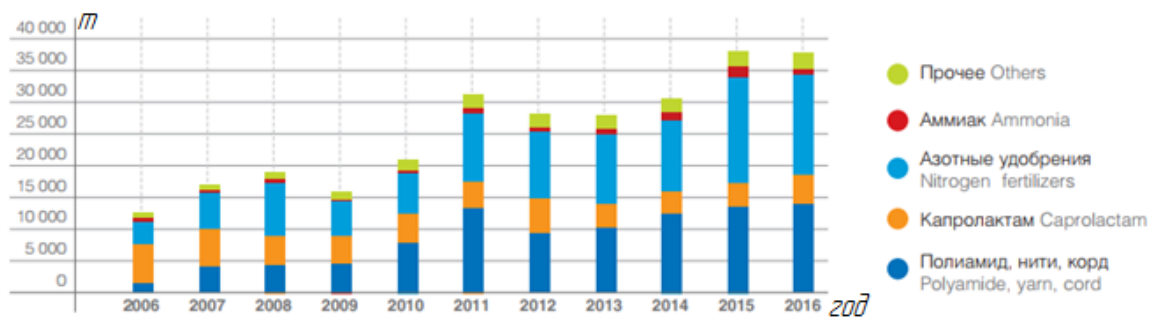


Рисунок 2 – Динамика выручки от реализации с разбивкой по основным продуктам ПАО «КуйбышевАзот», 2006-2016 гг

Карбамид – вещество, получаемое из аммиака и двуокиси углерода. Также, как аммиачная селитра, карбамид применяется в качестве основного удобрения. Доля аммиака в карбамиде 46,2%, что показывает экономическую эффективность применения этого удобрения. Также карбамид добавляют в подкормку для крупного рогатого скота. Карбамид используется не только в сельском хозяйстве, но и в фармацевтике и косметологии как компонент лекарственных препаратов [6-9].

На рисунке 3 приведены данные о взаимосвязи сырьевой базы и результата производственной деятельности в РФ, где наблюдается широкий комплекс задач, реализуемых в процессе хозяйственной деятельности человека [10,11].

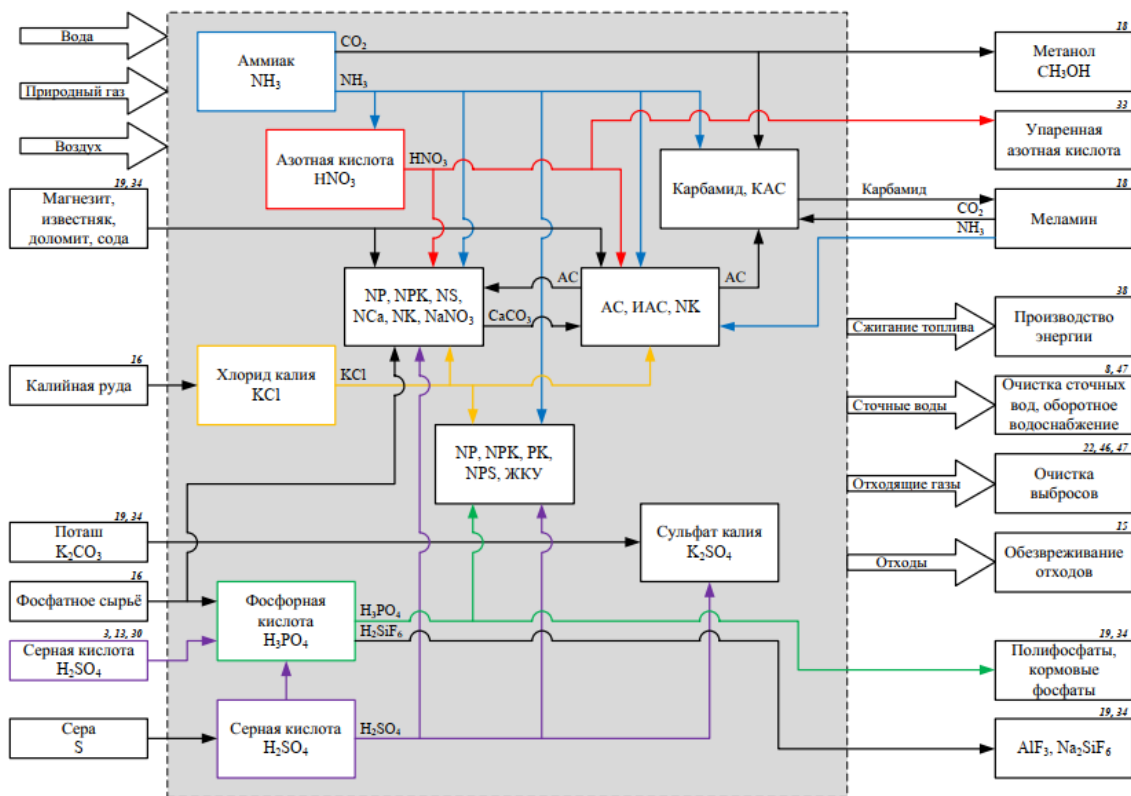


Рисунок 3 – Данные о взаимосвязи сырьевой базы и результата производственной деятельности в РФ

В связи с активным ростом промышленности, ухудшилась обстановка в сфере охраны окружающей среды. Техногенные последствия оказывают негативное воздействие на элементы биосферы, впоследствии отягощая жизнь человека.

Задача сохранения окружающей среды является первостепенной в деятельности и функционировании предприятий производственного значения.

ПАО «КуйбышевАзот» - мощное развивающееся предприятие, увеличивающее обороты производимой продукции. Вопрос обеспечения техносферной безопасности – один из приоритетных направлений в области решаемых задач предприятия. Тем не менее, увеличивая обороты производства, необходимы новые направления по изучению современных методов очистки химических выбросов от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот».

### **Актуальность темы исследования**

Актуальность темы диссертации: «Исследование современных методов очистки выбросов цехов амселитры и карбамида от пыли продукта (на примере ПАО «КуйбышевАзот»)» обоснована следующими аргументами:

1. Поиск новых методов и путей решения в обеспечении промышленной безопасности ПАО «КуйбышевАзот»;
2. Эффективность производства амселитры и карбамида на ПАО «КуйбышевАзот» путем выявления негативных факторов технологического процесса и явно снижаемого КПД производственного процесса.
3. Нарращивание масштабов производимой продукции для увеличения экспортного сырья для агропромышленного комплекса посредством поиска путей обеспечения очистки производств от пыли

### **Цель:**

Целью настоящего диссертационного исследования является исследование и анализ современных методов очистки выбросов цехов химической продукции, представленной двум веществами – аммиачной селитрой и карбамидом от пыли ПАО «КуйбышевАзот».

**Объект исследования** – цеха амселитры и карбамида ПАО «КуйбышевАзот» г. о. Тольятти

**Предмет исследования** - современные методы очистки выбросов цехов амселитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот».

### **Задачи диссертационного исследования:**

1. Провести информационный обзор литературных источников, а также нормативной документации действующего законодательства РФ по деятельности химических предприятий РФ, их функционировании и последствиях их деятельности.

2. Провести анализ основных причин негативных последствий на окружающую среду вследствие деятельности промышленных предприятий в РФ.



3. Изучить и описать данные о деятельности предприятия ПАО «КуйбышевАзот» по направлению производства аммиачной селитры и карбамида

4. Описать существующую систему защиты обеспечения безопасности цехов аммиачной селитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот».

5. Предложить усовершенствованные организационно-технические мероприятия по очистке выбросов цехов аммиачной селитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот».

#### **Новизна исследования**

Выявлены усовершенствованные организационно-технические мероприятия по очистке выбросов цехов аммиачной селитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот».

Предложены система технических устройств к применению по очистке выбросов цехов аммиачной селитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот».

#### **Методы и методология проведения исследования**

Государственные стандарты, нормы, правила в области применения химических веществ в производстве, федеральные законодательные акты РФ, научные статьи и монографии авторов по теме исследования, нормативно-правовые акты законодательства РФ, техническая документация ПАО «КуйбышевАзот», техническое описание научных патентов и разработок по теме исследования.

#### **Теоретическая научная и практическая значимость**

Теоретическая и практическая значимость диссертации заключается в том, что на основе анализа информационных источников, научных трудов авторов по данной теме и практическому опыту данной проблемы: разработаны усовершенствованные организационно-технические мероприятия по очистке выбросов цехов аммиачной селитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот», предложены к применению.

### **Положения, выносимые на защиту**

Проведен информационный обзор литературных источников, а также нормативной документации действующего законодательства РФ по деятельности химических предприятий РФ, их функционированию и последствиях их деятельности.

Проведен анализ основных причин негативных последствий на окружающую среду вследствие деятельности промышленных предприятий в РФ.

### **Научная обоснованность и достоверность результатов исследования**

Достоверность изложенных данных подтверждается списком используемых источников, действующих в законодательстве РФ.

### **Апробация результатов**

Достоверность изложенных данных подтверждается списком используемых источников, действующих в законодательстве РФ.

### **Личный вклад автора в исследование**

1. Титкова, Е.В.; Ильюк, Д.В. Особенности обеспечения промышленной безопасности на производстве аммиачной селитры и карбамида [Текст]/Е.В.Титкова, Д.В.Ильюк// «Символ науки».-2019.-с.12-18. ISSN 2410-700X;
2. Титкова, Е.В.; Ильюк, Д.В. Применение пожаровзрывозащищенного оборудования на химическом предприятии [Текст]/ Е.В.Титкова, Д.В.Ильюк// «Символ науки».-2019.-с.12-18. ISSN 2410-700X.

### **Структура работы**

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и списка используемой литературы. Основная часть исследования изложена на 90 страницах, текст иллюстрирован 15 таблицами, 27 рисунками.

## **ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ**

В настоящей ВКР применяют следующий перечень сокращений и обозначений:

КАС – карбамидно-аммиачная смесь

ПАО – публичное акционерное общество

СП – совместное производство

ОАО «ГИАП» - открытое акционерное общество «научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза»

КСП - конденсат сокового пара

ХХО – химически опасный объект

ПКО – проектно-конструкторская организация

ПКБ – проектно-конструкторское бюро

КС – кипящий слой

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика

# 1 Информационный обзор деятельности химический предприятий РФ, ПАО «КуйбышевАзот»

## 1.1 Данные о деятельности предприятий, производимых аммиачную селитру и карбамид в РФ

Отрасль производства минеральных удобрений в РФ – системообразующая, поскольку включает в себя химический комплекс и агропромышленный. Основными природными ресурсами, которые необходимы для производства минеральных удобрений – сера, природный газ, калий и апатитовый концентрат, химические предприятия РФ снабжены. Здесь имеет огромное значение фактор – наличие сырьевого ресурса на территории РФ. Производство минеральных удобрений на 35% идет на экспорт отечественной продукции [3]. На рисунке 4 изображена структура производства минеральных удобрений в РФ в процентном соотношении.

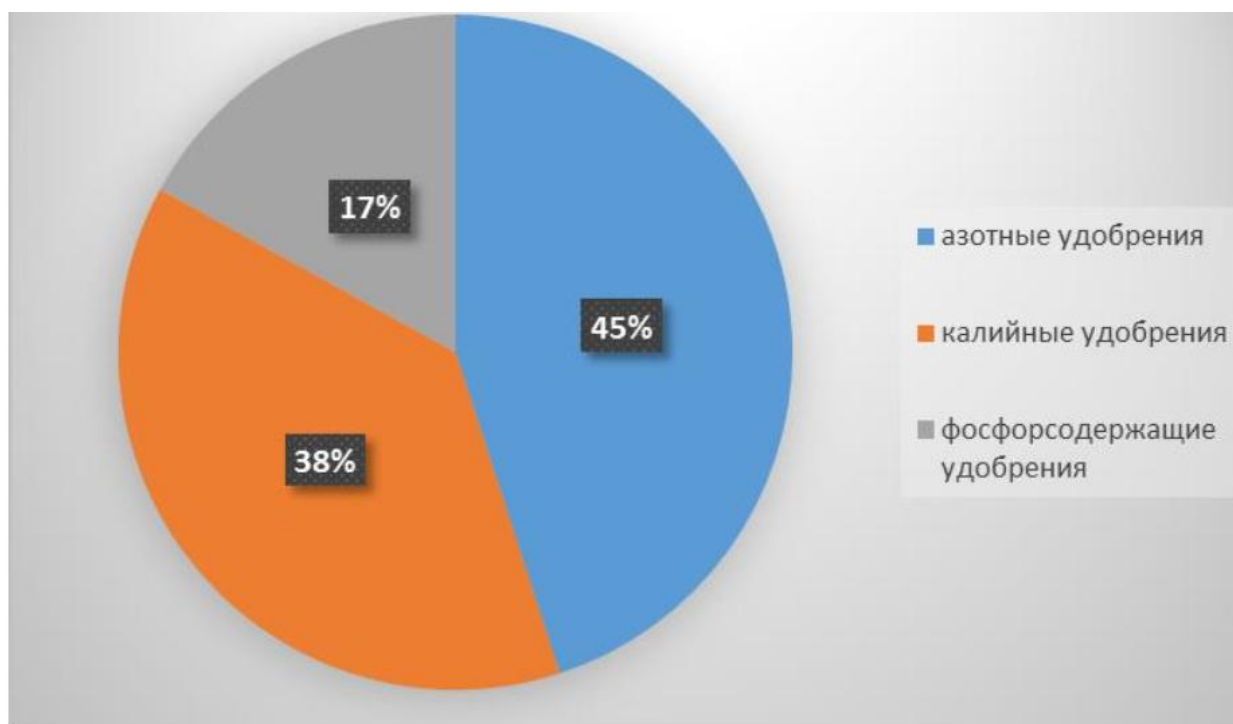


Рисунок 4 – Структура производства минеральных удобрений в РФ

Производство минеральных удобрений – одна из активно развивающихся отраслей в РФ, занимающая лидирующее место в экспорте

сырья и продукции химического производства. 35% от общей доли российской продукции химического комплекса идет на экспорт. Валютная выручка от объема продаж минеральных удобрений составила около 9 млрд. долларов США. После 2018 года возможно увеличение конкуренции на мировом рынке среди стран Европы, Африки и Персидского залива. Это связано с тем, что предприятия этих государств расположены рядом с экспортными портами, что значительно снижает расходы на логистические затраты. Кроме того цена на газ в России выше в 3 раза.

В 2014 году закупки минеральных удобрений российскими товаропроизводителями превысили показатели прошлого года на 1,5%. Основное направление получения добавленной стоимости основных видов сырья – получение широкого спектра всех видов минеральных удобрений, в том числе, аммиачная селитра, меламин, продукты карбамида.

Сфера производства минеральных удобрений – развитая структура российской химической промышленности, дальнейшее перспективное развитие ее также прослеживается. Причем по прогнозам российских экономистов и аналитиков, принимая во внимание увеличение производственных масштабов химических предприятий, Россия укрепляет свои экспортные позиции в рассматриваемой области. Между тем параллельно развивается внутренний рынок, а также повышается эффективность компаний по продаже минеральных удобрений. Модернизация химических предприятий, направлением которых является производство азотных удобрений, позволит укрепить конкурентоспособность на мировом рынке. В свою очередь, модернизация российских предприятий повысит энергоэффективность, ресурсосбережение и позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду. Последствия модернизации также благотворно могут сказаться на балансе экологических требований государственных стандартов и существующей системой обеспечений экологической безопасности на самих предприятиях.

К 2022 году прогнозируется расширение производства спектра комплексных удобрений, поскольку появляется спрос на потребительские предпочтения. Это влечет за собой волну конкурентоспособности, которая в свою очередь, повысит эффективность и качество производимой продукции. Предприятия химического комплекса будут заинтересованы в разработке научно-исследовательских продуктов в области применения и производства минеральных удобрений.

Качественное поддержание и сохранение позиций на экспортных рынках, стабилизирует роль внутреннего рынка (как объект стимулирования потребления минеральных комплексных удобрений).

Для того чтобы реализовать потенциал внутреннего рынка необходимы меры государственной политики, а также поддержка со стороны государственных властей. В качестве мероприятий по поддержке, можно считать дотации на транспортировку и хранение минеральных удобрений, предоставление комфортных источников финансирования.

Производственные предприятия, эксплуатируемые в 1970-1980 г. г. на территории РФ прошли длительный этап модернизации, поскольку окончание реконструируемых мероприятий наступило в 2010 году. Это сказывается на дальнейшем увеличении производственных мощностей, сопровождающихся капитальными затратами.

По мощности производства аммиака ПАО «КуйбышевАзот» занимает среднюю позицию среди представленных предприятий. Из этого следует, что предприятие набирает обороты производства, увеличивая производственные масштабы.

В таблице 1 приведены данные мощности предприятий РФ по производству аммиака.

Таблица 1 – Мощность производства аммиака, тыс. т. ф. м./год [3]

Предприятие	Мощность производства
ФосАгро-Череповец, АО	1023 <sup>1</sup>
НАК Азот, АО	1695 <sup>2</sup>
Невинномысский азот, АО	1265 <sup>2</sup>
Акрон, ОАО	1200 <sup>3</sup>
Дорогобуж, ОАО	600 <sup>3</sup>
ЗМУ КЧХК, ОАО	1162 <sup>1</sup>
ОХК Уралхим, ОАО Филиал Азот	900 <sup>3</sup>
Минеральные удобрения, ОАО (г. Пермь)	590 <sup>3</sup>
Минудобрения, ОАО (г. Россошь)	900 <sup>3</sup>
Азот, Кемеровское АО	900 <sup>3</sup>
КуйбышевАзот, ПАО	600 <sup>3</sup>
ТольяттиАзот, ОАО	3150 <sup>3</sup>
Газпром нефтехим Салават, ОАО	450 <sup>3</sup>
Щекиноазот, ОАО	600 <sup>3</sup>

«Российские компании полностью обеспечены основным сырьем для производства всех видов минеральных удобрений, таким как природный газ, сера, апатитовый концентрат и хлористый калий. В 2014 году объем выпуска минеральных удобрений составил 19615,8 тыс. т, в том числе азотных - 8209,5 тыс. т, фосфорных - 3008,8 тыс. т, калийных - 8397,5 тыс. т. Загрузка мощностей в производстве минеральных удобрений составила 81%» [3].

В таблице 2 приведены данные мощности предприятий РФ по производству аммиачной селитры.

По мощности производства аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот» также занимает среднюю позицию среди представленных предприятий. Представленные данные также открывают картину мощного производственного подъема предприятия ПАО «КуйбышевАзот».

Таблица 2 – Мощности производимой аммиачной селитры, тыс. т. год [3]

Предприятие	Мощность производства
ФосАгро-Череповец, АО	471 <sup>1</sup>
НАК Азот, АО	1618 <sup>2</sup>
Невинномысский азот, АО	1394 <sup>2</sup>
Акрон, ОАО	1200 <sup>3</sup>
Дорогобуж, ОАО	935 <sup>3</sup>
ЗМУ КЧХК, ОАО	1178 <sup>1</sup>
ОХК Уралхим, ОАО – Филиал Азот	900 <sup>3</sup>
Минудобрения, ОАО	520 <sup>3</sup>
Азот, Кемеровское АО	957 <sup>3</sup>
Ангарский азотно-туковый завод, ООО	270 <sup>3</sup>
КуйбышевАзот, ПАО	549 <sup>1</sup>
Менделеевсказот, ООО	380 <sup>3</sup>

«Минеральные удобрения традиционно занимают лидирующие позиции в экспорте отечественной продукции химического комплекса (около 35%). Общий объем валютной выручки от поставок минеральных удобрений на экспорт в 2014 году составил 8,91 миллиардов долларов США» [3].



В таблице 3 приведены данные мощности предприятий РФ по производству карбамида.

Таблица 3 - Мощности производства карбамида, тыс. т. год [3]

Предприятие	Мощность производства
ФосАгро-Череповец, АО	891 <sup>1</sup>
НАК Азот, АО	1118 <sup>2</sup>
Невинномысский азот, АО	883 <sup>2</sup>
Акрон, ОАО	750 <sup>2</sup>
ОХК Уралхим, ОАО – Филиал Азот	450 <sup>3</sup>
Минудобрения, ОАО	450 <sup>3</sup>
Азот, Кемеровское АО	515 <sup>3</sup>
КуйбышевАзот, ПАО	348 <sup>1</sup>
ТольяттиАзот, ОАО	960 <sup>1</sup>
Газпром нефтехим Салават, ОАО	360 <sup>1</sup>
1- Достигнутая мощность 2- Факт производства в 2014 году 3- Проектная мощность	

«В 2014 году закупки минеральных удобрений отечественными сельскохозяйственными товаропроизводителями, по оперативным данным, составили около 2,4 млн. т (в пересчете на 100% питательных веществ), что на 1,4% больше, чем в 2013 году. Одним из основных направлений получения добавленной стоимости и коммерциализации основных видов сырья является получение широкой гаммы химической продукции отрасли, в том числе аммиака, метанола, их производных, включая производство минеральных удобрений, меламина и др» [3].

Очистка выбросов химических предприятий от пыли основана, прежде всего, на использовании сырья минимизацией количества отходов, а также увеличением безотходных производств (увеличение КПД процессов, оптимизация технологического процесса, совершенствование существующих технологий). Кроме того, к способам борьбы с пылевыми компонентами являются внедрение прогрессивных приемов и методов борьбы с возникающими вредными процессами (бездымное тушение – снижение выбросов в атмосферу).

Проблема очистки выбросов химических предприятий также заложена в причинах, предшествующих данной проблеме. А именно, целью обеспечения безопасности деятельности химических предприятий является эффективная очистка от вредных примесей, а также аэрозолей до их выброса в атмосферу.

Система очистки характеризуется ее степенью (КПД), а также материальными затратами на ее монтаж и дальнейшее функционирование (регулярные технические осмотры, энергетические расходы, замена вышедшего из строя оборудования, частей и элементов системы). На данном этапе следует определить термин «промышленная очистка». Это очищение газов с целью последующей утилизации или возврата в производство отделенного газа или превращенного в безвредное состояние продукта. Данная очистка – обязательный и необходимый этап при функционировании технологического процесса химического производства. Также имеет место в данном контексте понятие «санитарная очистка», процесс очищения газового потока от загрязняющих веществ по уровню ПДК в воздухе. Санитарная очистка проводится перед тем, как отходящие газы поступают в атмосферу. На данном этапе предусматривается необходимость отбора проб для замера и сравнения с ПДК. В зависимости от направленности технологического процесса, объемов производства контролируется содержание вредных примесей. Кроме того, производится оценка эффективности обеспечения безопасности систем очистки химического предприятия. Для определения

выбора систем очистки от пыли важны такие показатели, как: температура отходящих газов, физико-химические свойства примесей, состав примесей. Также важными показателями являются капитальные затраты и экологическая обстановка на прилегающей территории.

Оборудование и аппараты системы очистки от пыли выбираются после проведения организационно-технических мероприятий, снижающих выбросы веществ.

Система очистки газа на предприятии – комплекс аппаратов и оборудования, который всецело предназначен для отделения вредных веществ из промышленного источника газа. Данные системы предназначены также превращать примеси и аэрозоли в безвредные вещества, в крайнем случае, снижать степень их концентрации. Аппараты очистки бывают пылеулавливающие и газоочистные.

## **1.2 Технические характеристики деятельности предприятия ПАО «КуйбышевАзот» по направлению производства аммиачной селитры и карбамида**

ПАО «КуйбышевАзот» - ведущее предприятие российской химической промышленности. Деятельность предприятия ведется с 1966 года и базируется на двух основных направлениях: производство капролактама и продуктов его переработки, а также производство аммиачных и азотных удобрений. В 2017 году на предприятии ПАО «КуйбышевАзот» было создан проект проектирования и реализации производства карбамида совместно с Итальянской компанией MET Development S.p.A. [2]. На рисунке 4 приведены данные о мощности производства основных видов производимой продукции ПАО «КуйбышевАзот».

Таблица 4 - Основные показатели деятельности ПАО «КуйбышевАзот»

	Ед. измерения	2000	2018	Прирост
Объем реализации	Млн. руб	4473	59656	1233
Объем производства	-	-	-	-
Капролактамы	Тыс.тонн	105	210,1	-
Полиамид-6	Тыс.тонн	0	151,3	-
Техническая нить	Тыс.тонн	0	5,6	-
Кордная ткань	Тыс.тонн	0	18,0	-
Аммиачная селитра	Тыс.тонн	299,8	625,4	108
Карбамид	Тыс.тонн	192,3	356,5	85

ПАО «КуйбышевАзот» занимает лидирующую позицию по производству и экспорту продукции капролактама, полиамида и производственных нитей.

Кроме того, предприятие входит в десятку крупнейших компаний, производящих минеральные удобрения азотного происхождения. 2013 год – подписание соглашения между ПАО «КуйбышевАзот» и немецкой компанией «Linde Group» по совместному производству аммиачной селитры. В связи с этим образовано СП ООО «Линде Азот Тольятти». На рисунке 6 приведены данные о доле ПАО «КуйбышевАзот» в производстве азотных удобрений в РФ за 2018 год.



Рисунок 6 – Доля ПАО «КуйбышевАзот» в производстве азотных удобрений в РФ за 2018 год

На рисунке 7 приведены данные о структуре выручки от реализации по продуктам ПАО «КуйбышевАзот» за 2018 год

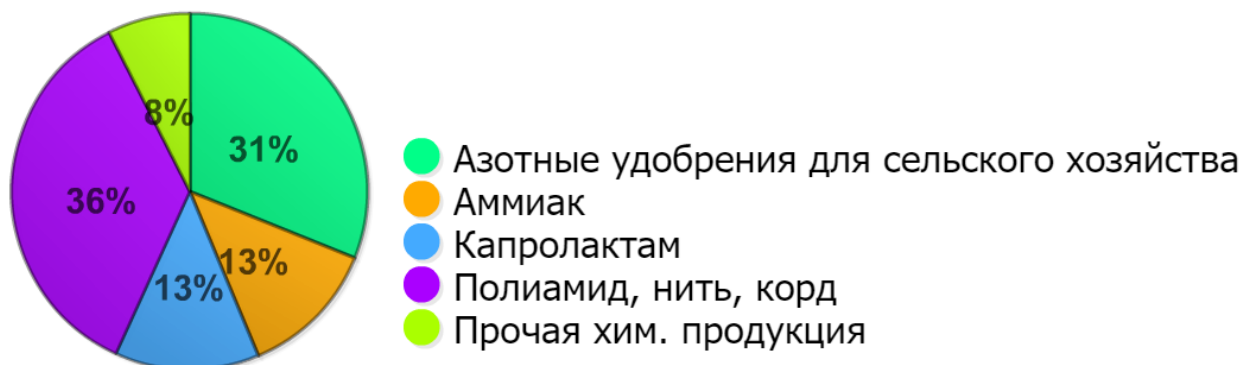


Рисунок 7 – Структура выручки от реализации по продуктам ПАО «КуйбышевАзот» за 2018 год

На рисунке 8 приведена технологическая схема производственных процессов ПАО «КуйбышевАзот».

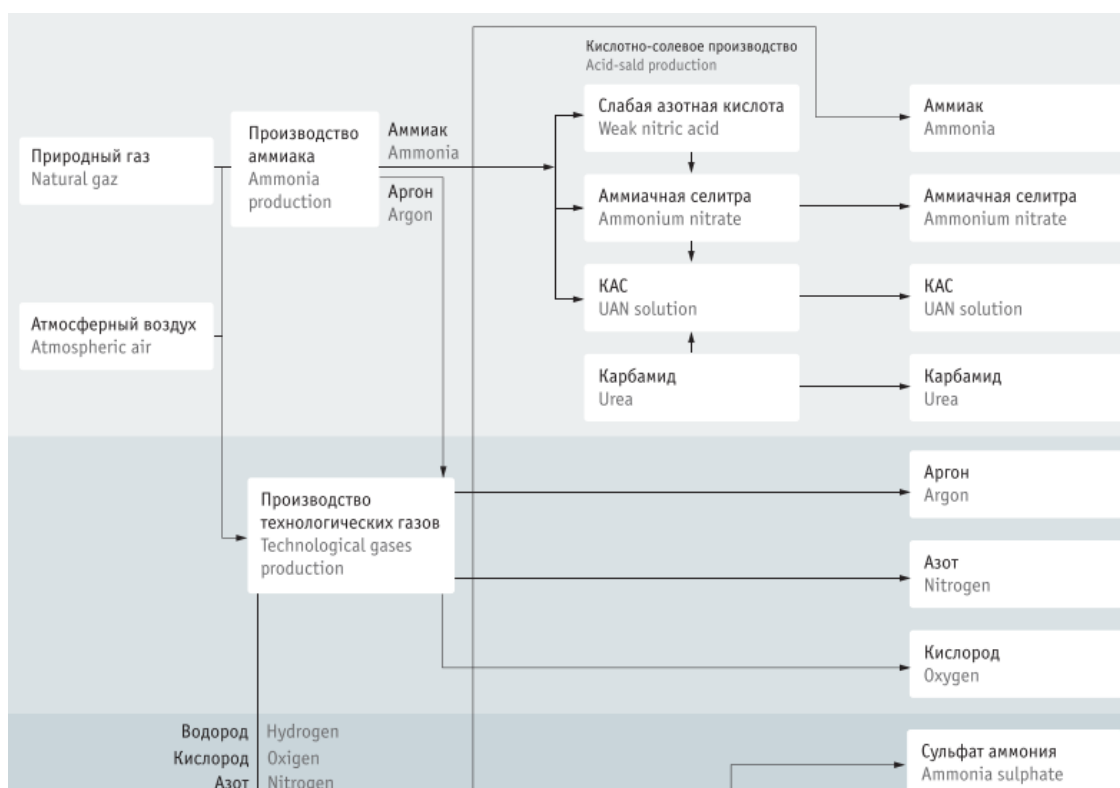


Рисунок 8 – Технологическая схема производственных процессов ПАО «КуйбышевАзот»

В 2016 году в РФ котировки на все азотные удобрения были снижены вследствие реорганизации производств и ввода оборудования на химических предприятиях по выпуску аммиака и карбамида.

В связи с такой ситуацией неблагоприятной конъюнктурой во многих регионах, покупающих сырье цена на карбамид и аммиачную селитру возросла. В конце 2016 года наблюдается положительная динамика ценового спада, поскольку было снижение экспортного сырья.

Таким образом, за 2016 год объем выработки карбамида, аммиачной селитры и других видов азотных удобрений увеличился на 8%. Кроме того, обороты производства достигли максимальной отметки за последние 10 лет. В РФ деятельность химических предприятий, ориентированных на экспорт, остается значимой в системе экономики, основной сегмент продукции идет на экспорт – свыше 70%.

На рисунке 9 приведена схема производства аммиака и удобрений в физическом весе.



Рисунок 9 – Производство аммиака и удобрений в физическом весе, т

На рисунке 10 приведено производство аммиачной селитры, карбамида и сульфата аммония. Очевидно, что с 2006 года по 2016 год наблюдается увеличение производства азотных удобрений вследствие развития технических направлений всех отраслей хозяйственной деятельности человека.

В физическом весе объем производства составил 1 441 т удобрений, 30% из которых отгружено на экспорт. Внешними рынками по экспорту

азотных удобрений являются страны Ближнего Востока, Африки, Латинской Америки, Европы.

Продажи азотных удобрений непосредственно отечественному потребителю в сельском хозяйстве увеличились на 3% (сравнение 2015 с 2016 гг), промышленным потребителям на 10%. Этот факт еще раз подтверждает необходимость рассмотрения и принятия мер к обеспечению промышленной безопасности производственных предприятий по изготовлению удобрений. В настоящее время для поддержания сельского хозяйства, увеличения масштабов, необходимо внесение удобрений для подготовки почвы, а также адаптации сельскохозяйственных культур. Кроме того, необходимость во внесении удобрений также обусловлена изменениями в климатических нормах по регионам, которая прослеживается в течение последних пяти лет (2014-2019 гг)

Самым востребованным удобрением для отечественного потребителя является аммиачная селитра.

Кроме того, увеличились продажи карбамида для промышленного потребителя на 23%.



Рисунок 10 – Производство аммиачной селитры, карбамида и сульфата аммония

Приоритетное направление политики химических предприятий – это отечественный рынок. Торговые представители и дилерские центры «КуйбышевАзот» расположены на всей территории Российской Федерации, а именно в Самарской, Ульяновской, Волгоградской, и Саратовской областях. Также в Ставропольском, Краснодарском крае и в Республике Мордовии.

Комплексный подход к формированию политики продвижения удобрений на внутренний рынок позволяет улучшить сервисное обслуживание потребителей (расширение ассортимента, оптимизация логистики, научно-практические рекомендации по эффективному применению), а также снизить сезонный дефицит на рынке данной продукции.

В 2016 году более половины удобрений для сельского хозяйства было реализовано через собственную сбытовую сеть. На рисунке 11 приведена структура продаж азотных удобрений в 2016 году.

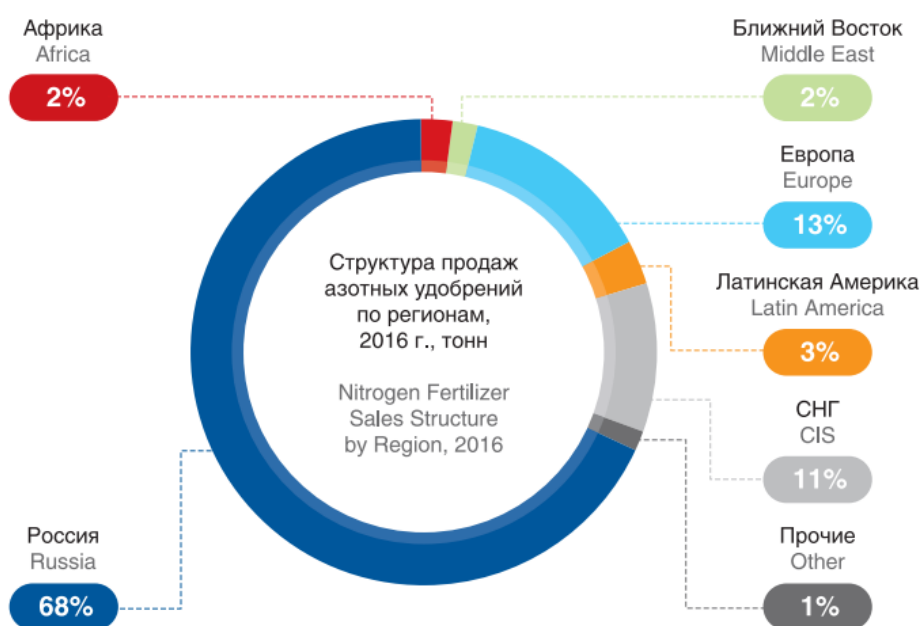


Рисунок 11 – Структура продаж азотных удобрений в 2016 году

### 1.2.1 Мощность производства аммиачной селитры

Проектная мощность производства селитры аммиачной 352 тыс. т/год в пересчете на 100% селитру. Утвержденная производственная мощность на 01.01.2017 г. составляет 610 тыс. т/год в пересчете на 100 % селитру, в т. ч. КАС. Достигнутая мощность производства селитры аммиачной в 2016 г. составила 612 тыс. т/год. Проектная мощность установки КАС - 200 тыс. т/год. Достигнутая максимальная мощность в 1990 г. составила 156 тыс. т/год. Количество рабочих дней в году – 355 (за вычетом планово-



предупредительных ремонтов). Капитальный ремонт оборудования выполняется один раз в 2 года.

На рисунке 13 приведена схема получения 1 т аммиачной селитры (ПАО «КуйбышевАзот»)

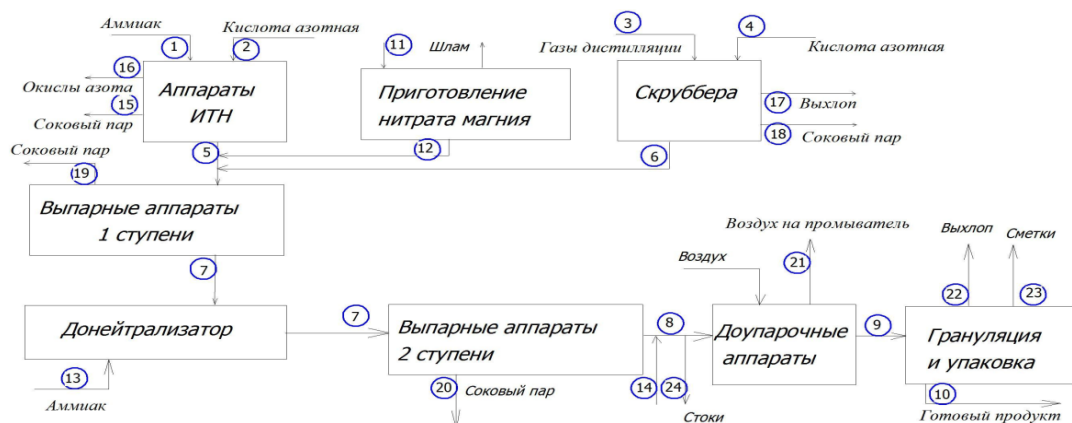


Рисунок 13 - Схема получения 1 т аммиачной селитры (ПАО «КуйбышевАзот»)

#### Количество технологических линий

Процесс получения селитры аммиачной состоит из следующих стадий:

- Получение раствора нитрата магния (корп. 607) в одну линию.
- Нейтрализация азотной кислоты газообразным аммиаком или аммиаком, содержащимся в газах дистилляции производства карбамида в составе двух аппаратов использования тепла нейтрализации (ИТН) и двух скрубберных установок с предварительным упариванием раствора в двух выпарных аппаратах (корп. 601).
- Упаривание и доупаривание плава, гранулирование соли из плава и ее охлаждение в составе четырех выпарных аппаратов II ступени, двух доупарочных аппаратов и двух грануляционных башен (корп. 602).
- Узел охлаждения воздуха перед аппаратами кипящего слоя (АКС) грануляционных башен (корп. 602).
- Транспортирование и обработка готового продукта антислеживающей добавкой (корп. 604).
- Упаковка, отгрузка и хранение готового продукта (корп. 605).

- Узел переработки конденсата сокового пара (КСП) с охлаждением (корп.612,614).

Производство КАС состоит из одной технологической линии.

Метод производства селитры аммиачной основан на получении водного раствора селитры аммиачной путем нейтрализации неконцентрированной азотной кислоты газообразным аммиаком с последующим упариванием и гранулированием расплава в башнях.

Метод производства КАС основан на упаривании растворов селитры и карбамида с их последующим смешиванием.

Метод переработки конденсата сокового пара основан на концентрировании раствора аммиачной селитры на электродиализных установках.

#### 1.2.2 Данные о функционировании производства карбамида

Цех № 4 - производство карбамида. Производство состоит из двух технологических ниток. Метод производства основан на прямом синтезе из аммиака и двуокиси углерода.

Готовыми продуктами цеха являются: карбамид гранулированный и раствор карбамида для приготовления КАС.

Карбамид (мочевина): химическая формула  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .

Процесс получения карбамида непрерывный и состоит из следующих стадий:

- синтез карбамида из аммиака и двуокиси углерода;
- двухступенчатая дистилляция плава, конденсация газообразного аммиака и улавливание газовой фазы с получением углеаммониевых солей,
- абсорбция аммиака с узлом кислотного улавливания;
- десорбция, гидролиз сточных вод;
- выпаривание водного раствора из плава карбамида;
- гранулирование карбамида;
- упаковка и складирование;

- отгрузка.

Технологическая схема получения карбамида основана на взаимодействии аммиака и двуокси углерода в жидкой фазе при мольном соотношении (3,8-4,0:1), избытке аммиака над стехиометрией 75-100 %, давлении 19-20 МПа, температуре 185-195 °С, с полным жидкостным рециклом и передачей газовой фазы после дистилляции в цех аммиачной селитры.

Структурно цех №4 состоит их 2-х отделений: отделение синтеза и дистилляции корп.652 с наружной установкой и отделение переработки корп.654, 654а и корп.660.

В отделении переработки:

- выпаривание водного раствора карбамида;
- гранулирование карбамида;
- упаковка, складирование, отгрузка готового продукта.

Готовой продукцией цеха №4 являются:

- гранулированный (приллированный) карбамид;
- раствор карбамида для приготовления удобрения жидкого азотного (КАС).

Аммиак жидкий со склада №1 корп.460 цеха № 13 подается в буфер.

Охлажденный жидкий аммиак поступает на всас аммиачных насосов высокого давления.

Насосы жидкого аммиака подают жидкий аммиак через подогреватель в смеситель или колонну синтеза, в зависимости от того, какая колонна синтеза в работе. Углекислый газ из цеха № 11 поступает в отделение компрессии по двум вводам, проходит сепаратор, где отделяется часть влаги, затем влагоотделители. Далее газ по коллектору поступает на всас газовых компрессоров, которые сжимают углекислый газ и подают в колонну синтеза (смеситель – при работе колонны синтеза № 3)

В колонну синтеза (смеситель – при работе КС-3) кроме жидкого аммиака и углекислого газа подаются углеаммонийные соли насосами, которые поступают из выносного барботёра.

Плав, выходящий из колонны синтеза поступает на двухступенчатую дистилляцию плава и конденсация газообразного аммиака.

После прохождения двухступенчатой дистилляции из раствора карбамида происходит выделение аммиака, диоксида углерода и воды. Газы дистилляции 1-ой ступени направляется в барботёр промывной колонны. В теплообменнике происходит поглощение аммиаком основного количества углекислого газа и конденсация водяного пара.

Газообразный аммиак, очищенный от углекислого газа направляется на узел конденсация газообразного аммиака. Затем раствор карбамида поступает в сборник раствора. Из сборника раствор карбамида с концентрацией не менее 72 % и температурой 90-105 °С насосом направляется в отделение переработки.

Раствор карбамида из сборника самотеком поступает на два агрегата выпарки где происходит окончательное упаривание раствора карбамида до концентрации 99,8 %.

С нагнетания насоса плав карбамида подается в напорный бак, откуда плав поступает на 6 центробежных и 2 статических гранулятора. В зависимости от нагрузки в работе находятся от 2-х до 4-х грануляторов. При вращении грануляторов плав карбамида разбрызгивается по сечению гранбашни.

Насосы жидкого аммиака подают жидкий аммиак через подогреватель в смеситель или колонну синтеза, в зависимости от того, какая колонна синтеза в работе. Углекислый газ из цеха № 11 поступает в отделение компрессии по двум вводам, проходит сепаратор, где отделяется часть влаги, затем влагоотделители. Далее газ по коллектору поступает на всас газовых

компрессоров, которые сжимают углекислый газ и подают в колонну синтеза (смеситель – при работе колонны синтеза № 3)

Падая вниз, капли плава карбамида застывают в виде гранул, охлаждаются в потоке входящего воздуха, попадают на наклонную к выходу решетку охлаждающего аппарата «кипящего слоя» («КС»), где температура гранул снижается до температуры не более 50 °С.

После охлаждающего аппарата карбамид системой транспортеров подается на упаковку или отгрузку насыпью через бункеры в минераловозы.

Таблица 5 - Перечень особо опасных мест цеха

Наименование стадии, места	Характеристики опасности
<b>Особо опасные стадии технологического процесса</b>	
Узел синтеза карбамида (корп.652 наружная установка)	При разгерметизации фланцевых уплотнений выход газообразного аммиака и раствора карбамида через не плотности. Отравление, ожог.
Узел конденсации аммиака (кор. 652. отм. 24 м.)	При температуре ниже +37 °С газообразного аммиака после конденсаторов поз. 14, возможно образование взрывоопасной смеси газов. Выход газообразного аммиака с разгерметизацией оборудования , отравление, ожог.
<b>Особо опасные места в цехе</b>	
Насосно-компрессорное отделение отм.0,00м., 4,8м.	Отравление, ожог аммиаком через не плотности аппаратуры, коммуникаций, наличие вращающихся деталей.
Площадка наружной установки приема аммиака отм.0,00м., 6,00м.	При разгерметизации фланцевых уплотнений выделение жидкого аммиака. Отравление, ожог.
Помещение синтеза и дистилляции корпуса 652	Возможен пропуск аммиака через не плотности коммуникаций, загазованность помещения, загорание.

Установленный порядок и режим работы цеха

Режим работы цеха непрерывный в течение суток. Технологический персонал работает по графику с продолжительностью смен 12 часов.

Инженерно-техническому и персоналу, работающему в дневную смену, установлена 40 часовая рабочая неделя.

Порядок допуска сторонних работников в цех.

Допуск посторонних лиц в производственное подразделение производится в определенное время через контрольно-пропускной пункт при наличии постоянных, временных или разовых пропусков установленного образца. Пропуска хранятся на руках у владельца. На территории предприятия или цеха могут находиться только лица, работающие в данной смене в установленное для них время.

Вход на территорию предприятия посторонних лиц разрешается по разовым пропускам с 8 до 16 часов, а в предпраздничные дни с 8 до 14 часов. Пребывание посторонних лиц в цехе без разрешения руководства запрещается. Допуск посторонних лиц на производство производится только при наличии разрешения руководства цеха и после прохождения вводного, противопожарного инструктажа. В цехе посетители, рабочие и ИТР сторонних организаций должны пройти первичный и противопожарный инструктаж с записью в журнале регистрации первичного инструктажа. Порядок допуска к ремонтным работам в действующих цехах и на около цеховой территории лиц сторонних организаций определен инструкцией ОТБ-4 «По безопасному проведению ремонтных работ».

Ответственность работников за нарушения требований инструкции

Начальник цеха несет ответственность за полноту и качество проведения инструктажа по данной инструкции, разработку и своевременную актуализацию инструкции, согласно установленным нормам.

Работники цеха № 4 несут ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ за невыполнение требований, а также инструкций и положений согласно перечня №3 по структурному подразделению.

Работники сторонних организаций, выполняющие работы в цехе № 4, несут ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ за невыполнение требований.

В 2016 г. было начато строительство узла очистки сточных вод на производственном участке карбамида. Это позволило повысить эффективность производства, уменьшить химически загрязненные стоки и потребление речной воды. В целях сокращения выбросов в атмосферу реализуется проект установки конденсации паров на производстве аммиачной селитры. Продолжается строительство очистных сооружений промышленно-ливневых стоков Северного промузла и Центрального района города Тольятти.

Была продолжена работа по использованию отходов производства в качестве вторичных ресурсов, что также приносит экологический эффект. В 2016 г. реализовано более 36,7 тыс. тонн продуктов, полученных на основе отходов производства. Общие затраты компании на природоохранные мероприятия составили 106,5 млн. рублей. Ведется постоянный мониторинг соблюдения требований экологической безопасности и производственный контроль. За 2016 год санитарной лабораторией ПАО «КуйбышевАзот» выполнено около 26 тысяч анализов состава выбросов, качества атмосферного воздуха и сточных вод различных категорий.

Особое внимание уделяется культуре производства и содержанию промышленной площадки в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями. На благоустройство, озеленение заводской территории и очистку санитарной зоны направлено 4,4 млн. рублей. Благодаря системному подходу к природоохранной деятельности, за период 2006-2016 гг. при росте товарной продукции в 1,5 раза удельное образование стоков на тонну товарной продукции снизились в 1,3 раза, потребление воды – в 1,4 раза, электро- и теплоэнергии - в 1,2 раза. В 2016 году по сравнению с 2015 г. при увеличении объемов товарной продукции на 7% и проведении пуско-наладочных работ на нескольких новых производствах, выбросы в атмосферу

уменьшились на 1%, количество стоков на 6%. Валовый объем выбросов составил 47% от разрешенного.

### 1.2.3 Сведения о реконструкциях цехов производства аммиачной селитры и карбамида

В 1968 году спроектирована, а также установлена скрубберная установка по переработке газов дистилляции цеха карбамида с получением аммиачной селитры. Годовая мощность данной установки – 100 тыс. тонн.

В 1969 году ОАО «ГИАП» разработал проект по реконструкции производства цехов карбамида. Суть реконструкции была в замене выпарных аппаратов II ступени вертикальными с установкой доупарочных аппаратов с целью улучшения качества амселитры.

В 1970 году производство снова было реконструировано на двух грануляционных башнях, суть реконструкции заключалась в снижении температуры производимых веществ.

Важнейшим этапом в обеспечении промышленной безопасности ПАО «КуйбышевАзот» были 1971-1972 годы, поскольку были установлены новые ловушки после аппаратов использования теплоты нейтрализации. На рисунке 15 изображена принципиальная схема использования теплоты нейтрализации

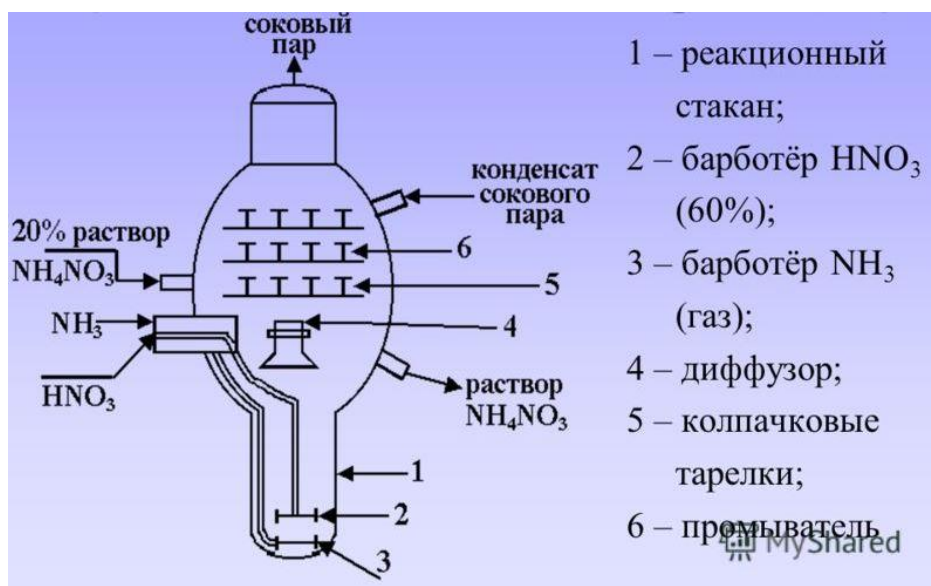




Рисунок 15 – Принципиальная схема использования теплоты нейтрализации

Кроме того, была реконструкция выпарных аппаратов, которая заключалась в замене устаревших узлов деталей агрегатов современными конструкциями. Проектом ОАО «ГИАП» также были разработаны методы устройства дополнительных емкостей и насосов к ней конденсата.

1971 год отмечен тем, что для производства аммиачной селитры было введено использование антислеживающей добавки азотнокислого раствора магnezита.

В 1971-1972 г.г. по проекту Северо-донецкого ОКБ выполнена реконструкция щитов КИПиА в корп. 601, 602.

В 1982 году была начата отгрузка водного раствора аммиачной селитры в железнодорожных цистернах.

В 1984 году введена в эксплуатацию установка для глубокой очистки воздуха после доупарочных аппаратов от пыли аммиачной селитры и аммиака в орошаемых промывателях по проекту Тольяттинского филиала ГИАП. На рисунке 16 показан гранулятор с фонтанирующим кипящим слоем

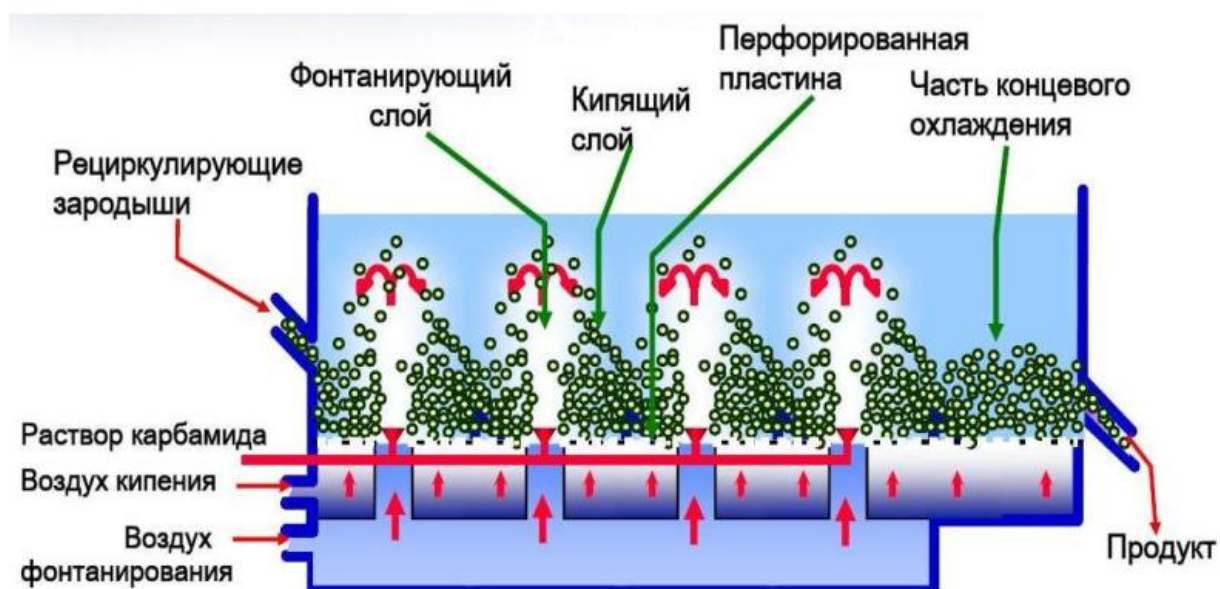


Рисунок 16 – Гранулятор с фонтанирующим кипящим слоем

В 1984 году освоен выпуск жидких комплексных удобрений – смеси водных растворов карбамида и селитры аммиачной и сложного жидкого

азотного удобрения и жидкого комплексного удобрения на основе фосфорных соединений.

В 1988 году выполнено увеличение мощности производства карбамидно-аммиачных удобрений до 85 тыс. тонн в год.

В 1989 году по договору с Чирчикским филиалом ГИАП произведена реконструкция аппаратов ИТН и скрубберных установок с целью интенсификации узла нейтрализации, повышения надежности работы аппаратов, снижения потерь связанного азота с соковыми парами, увеличения пробега кислотных барботёров в ИТН, повышения точности регулирования рН процесса нейтрализации.

В 1993 году по проекту ПКО освоена установка по отгрузке гранулированной аммиачной селитры в мягких контейнерах типа «Биг-Бег».

В 1994 году по проекту ПКО и на основании генерального соглашения между ассоциацией «Агрохим» с норвежской фирмой «Норск Гидро» и американской компанией по продаже КАС произведена реконструкция установки приготовления КАС с увеличением мощности до 200 тыс. тонн в год [2,12-15].

В 1997 году по проекту ПКО начата отгрузка аммиачной селитры и КАС водным транспортом через порт Тольятти.

В 2005 году по проекту ПКБ 132.03.3-607-ТХ «Установка пресс-фильтра» и на основании генерального соглашения с норвежской фирмой «Яра» и шведской компанией «НоваТэк» произведена реконструкция установки приготовления водного раствора нитрата магния с установкой пресс-фильтра на стадии осветления раствора.

В 2005 году украинскими специалистами ООО «Химтехнология» г. Северодонецк был разработан и внедрен программно-технический комплекс контроля и автоматического регулирования процессов нейтрализации в аппаратах ИТН, скрубберах и донейтрализаторах [2,9,18].

В 2012 году на основании проведенного тех. перевооружения был внедрен проект 024.11.03-602-ИОС1 «Система охлаждения воздуха перед

подачей его в аппараты кипящего слоя грануляционных башен цеха аммиачной селитры. Расширение».

### **1.3 Перспективы развития производства минеральных удобрений в РФ**

«Сегмент минеральных удобрений является одним из наиболее развитых в структуре российской химической промышленности и сохранит свое развитие в дальнейшем, укрепляя свои экспортные позиции, с одновременным развитием внутреннего рынка и повышением эффективности компаний» [3].

«В сегменте калийных и фосфорных удобрений преимущество отечественных производителей будет обеспечено широким доступом к сырью (калийная и фосфорная руда). Модернизация существующих предприятий в сегменте азотных удобрений с целью повышения энергетической эффективности, ресурсосбережения и экологической безопасности позволит сохранить конкурентоспособность на глобальном рынке. Модернизация мощностей также позволит снизить негативное воздействие производств минеральных удобрений на окружающую среду при ужесточении и общей гармонизации экологических требований с международными экологическими стандартами» [3].

«Важным фактором конкурентоспособности российских производителей станет расширение производства сложных и комплексных удобрений, адаптированных под современные потребительские предпочтения. Рост данных продуктовых направлений потребует от компаний собственных научно-исследовательских разработок и технологий в области производства и применения минеральных удобрений» [3].

«Сохранение позиций на экспортных рынках должно сопровождаться развитием внутреннего рынка посредством стимулирования потребления минеральных удобрений и увеличения доли использования сложных удобрений в сельском хозяйстве. Для реализации потенциала внутреннего

рынка должна оказываться более активная государственная поддержка сельхозтоваропроизводителей в виде доступа к дешевым источникам финансирования и (или) предоставления дотаций на развитие инфраструктуры по транспортировке, хранению и внесению минеральных удобрений, в том числе сложных, и последующей интенсификацией сельского хозяйства» [3].

#### **1.4 Специфические источники опасности при производстве карбамида и аммиачной селитры**

«К факторам негативного воздействия на окружающую среду при производстве аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот относятся:

- выбросы в атмосферу;
- сточные воды;
- крупнотоннажные побочные продукты
- прочие факторы негативного воздействия» [3].

«При сопоставлении значений выбросов/сбросов аналогичных производств следует обратить внимание на возможные погрешности, связанные с различным объемом обрабатываемого массива данных, использованием разных методов анализа, приборного парка, алгоритма пересчета в необходимые величины и т. д» [3].

«Существует проблема с отнесением уровня эмиссий к конкретному производству/марке продукта (объединенная отчетность нескольких производств, отдельная отчетность одного производства, общие очистные сооружения, широкий ассортиментный ряд продукции), а также в связи с тем, что различные марки продукции могут производиться на одном и том же оборудовании и эмиссии в воздух осуществляются (могут осуществляться) через один источник выброса» [3]

«К прочим факторам негативного воздействия на окружающую среду относятся физические факторы. Источниками физических воздействий от

деятельности предприятий является динамическое и другое оборудование. Однако следует отметить, что при соблюдении действующих норм и правил данные воздействия не выходят за пределы санитарно-защитной зоны объекта негативного воздействия» [3]

«Наиболее значительная опасность связана с обращением и хранением (летучий и ядовитый в высоких концентрациях), каустической соды, азотной, серной, фосфорной кислоты и органических соединений, а также горючих газов, таких как природный газ, СО, Н<sub>2</sub> и др. Их влияние может быть связано с существенным острым воздействием на персонал и, возможно, на местное население, в зависимости от количества и типа выброшенных при аварии химических веществ, а также условий для возникновения реакции или катастрофического события, включая пожар и взрыв» [3].

«Предприятия рассматриваемой отрасли могут выделять и (или) перерабатывать большие количества горючих газов, таких как природный газ, Н<sub>2</sub>, СО. Синтез-газ, содержащий СО<sub>2</sub>, образующийся на установках по производству аммиака, может вызывать струйное горение или приводить к взрыву парового облака, образованию "огненного шара" или вспышке облака газовой смеси» [3].

«Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот требует больших затрат энергии, получаемой обычно за счет сжигания органического топлива с выделением значительных объемов парниковых газов. При этом некоторые предприятия (к примеру, по производству карбамида) частично используют образующийся в качестве исходного сырья, что позволяет уменьшить эмиссию диоксида углерода. Тем не менее, работа большинства предприятий сопровождается выбросами в атмосферу, связанными со сжиганием природного газа или дизельного топлива в турбинах, котлах, компрессорах и других системах для выработки энергии и тепла. Данные выбросы нельзя считать показателями,

корректно определяющими уровень развития технологий, так как они зачастую зависят от используемого сырья и вида топлива и определяют в большей степени технику и технологию получения энергии» [3].

Основные источники выброса аммиака — это неконденсируемые отработанные газовые потоки, поступающие из отделений улавливания аммиака и сепараторов. Рассматриваемые технологические отработанные газовые потоки появляются из-за присутствия инертных газов в углекислом газе и воздухе для пассивации в целях предотвращения коррозии. Эти газовые потоки состоят из водорода, кислорода, азота, аммиака и углекислого газа. Определенное количество молекул водорода, кислорода и азота может привести к образованию взрывчатой газовой смеси. Риск уменьшается посредством каталитического сжигания водорода, содержащегося в углекислом газе или путем разбавления отработанных газовых потоков углекислым газом или азотом.

Вывод к главе 1:

Предприятия химической промышленности, основным направлением деятельности которых является производство минеральных удобрений — объекты, необходимые для функционирования в интересах экономики страны и поставок сырья для других отраслей промышленности.

На основе статистических данных было выявлено, что просматривается динамика развития таких предприятия (увеличиваются производственные мощности химических предприятий). Тем самым появляется необходимость поиска новых методов в обеспечении промышленной безопасности.

«К факторам негативного воздействия на окружающую среду при производстве аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот относятся:

- выбросы в атмосферу;
- сточные воды;
- крупнотоннажные побочные продукты
- прочие факторы негативного воздействия» [3].

## **2 Существующая система очистки выбросов цехов амселитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот»**

### **2.1 Проект № 022.16.03-609А ООО «Ладахим» г. Тольятти**

В данном подразделе содержатся сведения по эксплуатации и обслуживанию узла конденсации отходящих газов скрубберов-нейтрализаторов производства аммиачной селитры цеха №3.

С внедрением на предприятии узла конденсации реализуется ряд технических решений, позволяющих снизить загрязнение окружающей среды, улучшить показатели воздействия на окружающую среду выбросов предприятия; уменьшить коррозию трубопроводов, оборудования, металлоконструкций, подверженных воздействию растворов азотной кислоты и аммиачной селитры, сбрасываемых из выхлопной трубы в окружающую среду [8,9,18].

Узел конденсации размещен на наружной площадке в квартале Г-5 на территории корпуса 609А цеха №3 ПАО «КуйбышевАзот». Режим работы технологического оборудования узла конденсации корпуса 609А цеха №3 непрерывный 8760 часов в год.

При обслуживании узла конденсации технологический персонал руководствуется инструкцией по рабочему месту, в которой изложены общие положения (квалификационные требования, порядок допуска к работе, проверка знаний и периодичность инструктажей, права и обязанности), а также правила работы (порядок приема и сдачи смены, ответственность) и основные методы и приемы безопасного выполнения работ.

## 2.2 Назначение и границы обслуживания

Узел конденсации входит в состав цеха №3 производства аммиачной селитры и предназначен для:

- полной конденсации паров воды в отходящих газах скрубберов-нейтрализаторов поз.201, 250;
- отвода образовавшегося конденсата сокового пара;
- отвода и доведения до безопасной концентрации отходящих газов после конденсации паров воды;
- сброса в атмосферу смеси инертных газов, оставшихся после конденсации паров воды.

Технологических отходов производства, подлежащих утилизации и захоронению при эксплуатации узла конденсации, нет.

В границы узла конденсации входят:

- конденсатор воздушного охлаждения поз. АС100;
- ресивер конденсата поз. R200;
- насосы поз. P210, P220;
- струйный компрессор поз. EJ300;
- все трубопроводы, коммуникации и КИП и А, находящиеся в корпусе 609А [2,20]. В таблице приведены данные характеристики сооружения корпуса 609А

Таблица 6 - Характеристика сооружения корпуса 609А

Номер позиции	Наименование сооружения, наружной площадки	Категория взрывопожарной и пожарной опасности СП 12.13130.2009 (изм.1)	Класс зоны наружной установки по ПУЭ	Категория и группа взрывоопасной смеси ГОСТ 30852.5-2002	Группа процесса СП 44.13330-2011
609А	Узел конденсации отходящих газов скрубберов-нейтрализатора в поз.201, 250	ВН	-	-	1а



Для управления узлом конденсации предусмотрена возможность подключения автоматизированной системы управления технологическим процессом узла (АСУ ТП узла) к АСУ ТП основного производства аммиачной селитры.

Система управления АСУ ТП узла конденсации выполняет следующие функции:

- информационные:
- сбор и первичная обработка входящей информации;
- представление полученной информации о состоянии установки оператору;
- регистрация параметров;
- регистрация срабатывания технологической сигнализации, блокировочных параметров, состояния оборудования;
- управляющие:
- автоматическое регулирование технологических параметров, обеспечивающих устойчивость протекания технологических процессов;
- автоматическое управление регулирующей и отсечной арматурой;
- дистанционное управление «пуск/стоп» насосами;
- сигнализация:
- звуковая и световая сигнализация отклонения технологических параметров от регламентированных значений;
- состояния отсечной арматуры: «открыт», «закрыт»;
- состояния технологического оборудования: «работа», «авария»;
- автоматическое обнаружение потенциально опасных изменений состояния проектируемого объекта;
- автоматическое поддержание требуемой концентрации водорода в потоке отходящих газов;
- проведение операций безаварийного пуска, останова и всех необходимых для этого переключений.

Шкаф управления проектируемого участка, с установленной в нем защитной и пусковой аппаратурой, контроллером размещается в помещении существующей щитовой корпуса 614. АСУ ТП участка на базе программируемого логического контроллера фирмы SIEMENS включает в себя:

- программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300;
- панель оператора, установленная в щите ЩК;
- интерфейсы для связи с АСУ ТП верхнего уровня.

Контроллер обеспечивает прием и обработку информации, поступающей от устройств управления электроприводами, пусковой, релейно-контактной аппаратуры и датчиков, контролирующих работу механизмов установки, а также управление механизмами в реальном масштабе времени.

Краткая характеристика применяемого сырья, вспомогательных материалов, полупродуктов и энергоресурсов

Сырьём для узла конденсации являются отходящие газы скрубберов - нейтрализаторов.

Параметры отходящих газов скрубберов-нейтрализаторов производства аммиачной селитры цеха №3:

- объемный расход не более 24 059,05 м<sup>3</sup>/ч;
- массовый расход не более 19 651,44 кг/ч;
- температура не более 115 °С [2,19-23].

Таблица 7 - Состав отходящих газов скрубберов-нейтрализаторов

Наименование вещества	% масс.	массовый расход, кг/ч	объемный расход, м <sup>3</sup> /ч
NH <sub>3</sub>	0,0027	0,53	0,7
O <sub>2</sub>	0,4896	96,21	67,35
N <sub>2</sub>	0,9476	186,22	148,98
H <sub>2</sub>	0,0204	4,01	44,9
H <sub>2</sub> O	96,2303	18910,63	23533,22
HNO <sub>3</sub>	0,0141	2,78	0,99
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,0011	0,22	0,06
Итого	100,0000	19651,44	24059,05

Вспомогательные материалы, полупродукты и энергоресурсы

Фильтрующий материал

Фильтровальный элемент; материал - нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, предназначен для фильтров поз. F210.03, F210.03

Фильтровальный элемент; материал – нержавеющая сталь, предназначен для фильтра поз. F400.02.

Азот технический, Р – 6 кгс/см<sup>2</sup>, Т – 20 °С, расход до 3500 нм<sup>3</sup>/ч

Электроэнергия, частота -50 Гц, Кол-во фаз -3, V – 400 В, расход -143 кВт/ч

Вторичный продукт

Вторичная продукция узла конденсации отходящих газов – конденсат сокового пара, параметры:

- объемный расход составляет до 20,57 м<sup>3</sup>/ч;
- массовый расход составляет до 18 913,63 кг/ч;
- температура не более + 85 ° С;
- давление 7 кг/см<sup>2</sup> (абс.). В таблице приведены данные состава

конденсата сокового пара

Таблица 8 - Состав конденсат сокового

Наименование вещества	% масс.	массовый расход, кг/ч
H <sub>2</sub> O	99,98	18910,63
HNO <sub>3</sub>	0,014	2,78
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,006	0,22
Итого	100,00	18913,63

## Сбросные газы в атмосферу

Таблица 9 - Состав газов, выбрасываемых в атмосферу после инертизации

Наименование вещества	Количество газа (в потоке), выбрасываемого в атмосферу, г/с	Объем газа (в потоке), выбрасываемого в атмосферу, $\text{нм}^3/\text{ч}$
$\text{NH}_3$	0,147	0,7
$\text{O}_2$	26,725	67,35
$\text{CH}_4$	10,325	52,04
$\text{CO}_2$	114,694	210,2
$\text{CO}$	0,214	0,61
$\text{N}_2$	51,725	3648,98
$\text{H}_2$	1,114	44,9
Итого	116,23	4024,78

Высота источника выброса смеси осушенных отходящих газов над уровнем площадки - 9,500 м.

Объем потока смеси газов, выбрасываемых в атмосферу после узла конденсации отходящих газов скрубберов-нейтрализаторов поз. 201,250 производства аммиачной селитры, составляет 4025...5336  $\text{нм}^3/\text{ч}$  (максимальный), температурой +20 °С, при атмосферном давлении.

Средняя скорость выхода потока газов из устья источника выброса диаметром 250 мм составляет 30 м/с.

Описание технологического процесса и технологической схемы

Описание технологического процесса конденсации

Процесс конденсации отходящих газов скрубберов-нейтрализаторов поз.201, 250 производства аммиачной селитры исключает выбросы оксидов азота в атмосферу, за счет их полного растворения в сконденсированных водяных парах потока смеси.

Процесс конденсации паров воды из отходящих газов происходит в конденсаторе воздушного охлаждения поз АС100, где происходит охлаждение газов от температуры 115 °С до 85 °С и при этом образуется конденсат сокового пара (КСП) с примесями азотной кислоты и аммиачной селитры. КСП используется в цехе №3, а газы, состоящие из: аммиака ( $\text{NH}_3$ ); метана ( $\text{CH}_4$ ); диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ); окиси углерода ( $\text{CO}$ ); кислорода( $\text{O}_2$ );

водорода( $H_2$ ); азота( $N_2$ ), не вступающих между собой в химическую реакцию при температуре не более  $85^{\circ}C$ , выбрасываются в атмосферу, предварительно перемешиваясь с азотом [24].

### **2.3 Описание технологической схемы**

Отходящие газы из скрубберов-нейтрализаторов поз.201 и 250 цеха № 3 с давлением не более  $1,11 \text{ кгс/см}^2$  и температурой не более  $115^{\circ}C$  направляются в конденсатор воздушного охлаждения поз АС100.

Подача газов осуществляется через электроклапан V000.05. Давление в трубопроводе отходящих газов контролируется прибором PIRAH000.08 с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АРМ (автоматизированное рабочее место). При повышении давления газов до  $1,4 \text{ кгс/см}^2$  автоматически открывается электроклапан V000.01 на подаче газов на свечу и закрывается электроклапан V000.05 на узел конденсации. Для защиты скрубберов-нейтрализаторов от превышения давления на линии газов установлена разрывная мембрана поз. М000.03, после разрыва которой при давлении  $1,61 \text{ кгс/см}^2$  газы выбрасываются на свечу.

Температура газов на входе в узел конденсации контролируется прибором TIRAH100.02 с показанием регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АРМ.

Давление на входе в каждую секцию АС100 контролируется датчиками PIRAH110.05 и PIRAH 120.05 с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АРМ. В конденсаторе АС100 происходит охлаждение и конденсация паров воды конденсата сокового пара [24-27].

КСП из конденсатора сливается в ресивер поз. R200 (объем -  $7,7 \text{ м}^3$ ). Температура КСП после конденсатора контролируется и регулируется автоматически прибором TIRCAN100.05 с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АРМ. Регулирование температуры осуществляется с помощью частотных регуляторов (ЧРП), установленных на

двигателях вентиляторов конденсатора (6 шт.). Двигатели вентиляторов включаются и останавливаются как по месту, так и с пульта монитора АРМ.

Уровень в ресивере контролируется и регулируется автоматически прибором LIRCAHL200.12 с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму и минимуму на мониторе АРМ. Регулирование уровня осуществляется с помощью ЧПП установленные на двигателях насосов P210, P220. Ресивер снабжен вибрационными датчиками предельного уровня LIRSLAL200.05 (минимум) и LIRAH200.09 (максимум). При минимальном уровне останавливается работающий насос (P210, P220), при максимальном КСП сливается в химзагрязненную канализацию через гидрозатвор, который снабжен датчиком уровня LIRAH200.23 и смотровыми фонарями. Сигнализация предельных показаний уровней выведен на монитор АРМ.

Температура КСП в ресивере контролируется прибором TIRAL200.21, а давление PIRAH200.20 с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АРМ. Уровнемерная колонка и гидрозатвор снабжены электрическим обогревом, с автоматическим включением при низких температурах.

КСП из ресивера откачивается насосами P210, P220 (один рабочий, один резервный) в одну из линий предусмотренной схемой:

- сборник слабых щелоков поз. Е-900), корпус 601 цеха № 3;
- цех № 5;
- химически загрязненную канализацию НДФ.

Пуск насосов поз. P210, P220 производится как в автоматическом, так и в ручном режиме аппаратчиком с АРМ.

Остановка насосов производится в ручном либо автоматическом режиме при срабатывании блокировок: при минимальном уровне в ресивере R200 (LIRSLAL200.05); при повышении давления на линии нагнетания насосов (PIRSHAH210.07; PIRSHAH220.07). Электродвигатели насосов снабжены термисторами, которые реагируют на повышение температуры

обмотки двигателя, при достижении температуры 95 °С происходит остановка насосов.

Давление на линии нагнетания насосов контролируется техническими манометрами PG210.05, PG220.05 (по месту) и приборами PIRSHAN210.07; PIRSHAN220.07 с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АРМ. На линиях всасывания насосов установлены механические фильтры поз. F210.03 и F220.03 [28-29].

Измерение и учет расхода КСП выполняется расходомером FIRA230.03, установленным на линии нагнетания насосов поз. P210, P220 с показанием, регистрацией и сигнализацией по минимуму на мониторе АРМ.

Неконденсирующиеся газы, выделенные из смеси отходящих газов, скопившиеся в секции конденсатора AC100 и в верхней части ресивера R200, удаляются в атмосферу через узел смешения EJ300. Температура газов, поступающих в EJ300 контролируется прибором TIRAN300.01 с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АРМ.

Давление газов контролируется и регулируется автоматически прибором PIRCAN300.06 и датчиком на EJ300 путём изменения проходного сечения на сопле, с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АРМ.

Узел смешения предназначен для:

- поддержания низкого давления (0,9 кгс/см<sup>2</sup>) в конденсаторе AC100;
- смешения потоков отходящих газов и азота для получения инертизированной смеси при промежуточном давлении (1,1 кгс/см<sup>2</sup>).

В качестве эжектора поз. EJ300 используется струйный компрессор, который состоит из:

- сопла, преобразующего газ высокого давления в высокоскоростную струю, что и создает эффект подсосывания и захвата газов низкого давления;
- камера смешения, где смешивается рабочий и подсосываемый газ;
- диффузора, преобразующего скоростной напор газовой смеси и гидростатического давления для получения давления на выходе.

Азот на узел конденсации поступает через фильтр F400.02 и расходомер из заводской сети. Азот используется также, для:

- подачи в линию отходящих газов после EJ300 для поддержания концентрации водорода в суммарном потоке в требуемых пределах (не более 3 % об.);

- подачи в линию отходящих газов в конденсатор AC100, для продувки.

Давление азота ( $6,0 \text{ кгс/см}^2$ ) контролируется прибором PIRAN 400.06, с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму на мониторе АМР.

Расход (н/б  $3500 \text{ нм}^3/\text{ч}$ ) контролируется прибором FIRANL400.07 с показанием, регистрацией и сигнализацией по максимуму и минимуму на мониторе АМР.

Концентрация водорода в суммарном потоке контролируется и регулируется автоматически с помощью автоматического газоанализатора QIRCAN300.09 и регулирующего клапана V300.16 путём изменения подачи азота в линию отходящих газов. Анализатор и система пробоподготовки смонтированы в обогреваемом и вентилируемом приборном шкафу, который размещается на отм. 0,000 площадки в осях А – Б за осью. Газоанализатор выполняет такие функции:

- непрерывно измеряет концентрацию водорода в отходящих газах скрубберов-нейтрализаторов, выбрасываемых в атмосферу;

- передает информацию об измеренном значении концентрации на внешние регистрирующие приборы;

- отбор пробы, фильтрацию, нормализацию расхода;

- управляет регулирующим вентилем с электроприводом поз. V300.16 подачи азота в трубопровод выброса отходящих газов в атмосферу.

Работа газоанализатора осуществляется в автоматическом режиме. Концентрация водорода в суммарном потоке на выходе в атмосферу должна быть не более 3 % об.



Щиты управления и контроля установлены в специально оборудованном помещении КИПиА в корпусе 614 с возможностью передачи информации на верхний уровень АСУ ТП цеха №3 [2].

## 2.4 Технологический контроль производства

В таблице 10 описаны сведения о технологическом контроле производства.

Таблица 10 - Технологический контроль производства

Наименование стадии технологического процесса, места измерения параметров	Контролируемый параметр	Норма, единица измерения	Частота и способ контроля
1	2	3	4
1 Трубопровод отходящих газов после скрубберов-нейтрализаторов 210,250	Давление, PIRSAH000.08, PG 000.09	н/б 1,1 кгс/см <sup>2</sup> (абс.)	не реже одного раза в 2 часа визуально по месту и по монитору, непрерывная регистрация
2 Трубопровод отходящих газов после скрубберов-нейтрализаторов 210,250 на свечу	Давление, PIRANHL000.12	н/б 1,1 кгс/см <sup>2</sup> (абс.)	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, непрерывная регистрация
	Температура, TIRAH 000.13	н/б 115 °С	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, непрерывная регистрация
3 Трубопровод отходящих газов на входе в конденсатор AC100	Температура, TIRAH 100.02 TG100.01	н/б 115 °С	не реже одного раза в 2 часа визуально по месту и по монитору, непрерывная регистрация

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
4 Ресивер R200	Уровень КСП в ресивере, LIRCAHL200.12	20 ... 80 % 250-1180мм	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, постоянная регистрация
	Уровень КСП в уровнемерной колонке, LIRSAHH200.09; LIRSALL200.05; LG200.08	20...80 %	не реже одного раза в 2 часа визуально по месту и по монитору, постоянная регистрация
	Температура КСП в ресивере TIRAL 200.21	н/м 12 °С	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, непрерывная регистрация
	Температура КСП в уровнемерной колонке TIRCAL 200.06	н/м +1 °С	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, непрерывная регистрация
	Уровень КСП в гидрозатворе, LIRSALL200.23	Наличие КСП	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, непрерывная регистрация
	Температура КСП в гидрозатворе TIRCAL 200.27	н/м +1 °С	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, непрерывная регистрация
	Давление газов в ресивере PIRAH 200.19, PG 200.20	н/б 0,9 кгс/см <sup>2</sup> (абс.)	не реже одного раза в 2 часа визуально по месту и по монитору
	5 Насос поз. P210	Давление на линии нагнетании PIRAH 210.07, PG 210.05	н/б 7,5 кгс/см <sup>2</sup>

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
6 Насос поз. P220	Давление на линии нагнетания PIRAN 220.07, PG 220.05	н/б 7,5 кгс/см <sup>2</sup>	не реже одного раза в 2 часа визуально по месту и по монитору, непрерывная регистрация
7 Трубопровод КСП на выдаче из установки	Расход КСП, FIRAL230.03	н/м 5,5м <sup>3</sup> /ч	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, непрерывная регистрация
8 Узел смешения EJ300	Давление газов после EJ300, PIRAL300.08	н/б 1,1 кгс/см <sup>2</sup> (абс.)	не реже одного раза в 2 часа визуально по месту и по монитору, непрерывная регистрация
	Содержание водорода после EJ300, QIRCAN300.09	н/б 3 % об.	не реже одного раза в 2 часа визуально по месту и по монитору, непрерывная регистрация, автоматическое регулирование
9 Трубопровод азота на установку	Давление PIRAN 400.06, PG 400.05	н/м 6 кгс/см <sup>2</sup>	не реже одного раза в 2 часа визуально по месту и по монитору, непрерывная регистрация
	Расход, FIRANL400.07	н/б 3500 нм <sup>3</sup> /ч	не реже одного раза в 2 часа визуально по монитору, непрерывная регистрация
Выхлопные газы в атмосферу после EJ300	Неисправность анализатора водорода поз. QIRCAN300.09	Неисправен	Светозвуковое сообщение

## 2.5 Аналитический контроль

В таблице 11 представлены данные аналитического контроля.

Таблица 11 – Данные аналитического контроля

Стадия технологического процесса	Контролируемый параметр	Норма, единица измерения	Частота и способ контроля
Выхлопные газы в атмосферу	H <sub>2</sub> NH <sub>3</sub> ; O <sub>2</sub> ; CH <sub>4</sub> CO <sub>2</sub> ; CO; N <sub>2</sub>	Не более 3 % Факультативно Факультативно	По требованию
КСП после насосов P210, P220	1 концентрация азотной кислоты; 2 концентрация аммиачной селитры	1 н/б 0,02 % 2 н/б 0,01 %	1. По требованию 2. Титриметрический

3.5.6 Параметры, непосредственно влияющие на взрывобезопасность процесса

Узел конденсации отходящих газов скрубберов-нейтрализаторов производства аммиачной селитры цеха №3 не относится к категории опасных производственных объектов. Данные перечня систем автоматического и дистанционного управления представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Перечень систем автоматического и дистанционного управления

Наименование стадий процесса, параметра	Номер позиции по схеме	Исполнительный механизм	Место установки дистанционного управления
Концентрация водорода в выхлопных газах	QIRCAH300.09	V300.16, «НО»	На линии подачи азота
Уровень в ресивере R200	LIRCAHL200.12	Частотный регулятор	На насосах P210, P220
Температура КСП после конденсатора AC100	TIRCAH100.05	Частотный регулятор	На двигателях Вентиляторов (6шт)
Давления газов до EJ300	PIRCAH300.06	Регулятор	На EJ300

## 2.6 Системы противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ)

Системы ПАЗ предназначены для перевода в безопасное состояние технологического процесса, предотвращения и быстрой ликвидации аварийных режимов, обеспечения безопасной работы оборудования и технологического персонала, предотвращения выпуска продукции несоответствующего качества и загрязнения окружающей среды.

К системам ПАЗ относятся:

- аварийно-производственная сигнализация - предназначена для предупреждения об отклонении технологических параметров от заданных пределов и нарушениях в работе оборудования;

- аварийно-производственные блокировки – предназначены для автоматической (без вмешательства персонала) остановки или отключения ответственного оборудования, поставленного в условия, угрожающие аварией. Эксплуатация оборудования должна осуществляться только при включенных сигнализации и блокировках. В таблице 13 приведен перечень сигнализаций.

Таблица 13 - Перечень сигнализаций

Наименование стадий процесса, места измерения параметров	Наименование сигнала (контролируемого параметра), единица измерения	Величина срабатывания сигнализации		Количество на одном агрегате/на всех агрегатах	Место установки, вид сигнала
		мин	макс		
1	2	3	4	5	6
1 Трубопровод отходящих газов после скрубберов-нейтрализаторов в 210,250	Давление газов, кгс/см <sup>2</sup> , (атм.) PIRSAH000.08	-	1,4	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
2 Трубопровод отходящих газов после скрубберов-нейтрализаторов в 210,250 на	Температура, °С, TIRAH000.13	-	115	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6
3 Конденсатор АС100	Давление газов на входе в первую секцию, кгс/см <sup>2</sup> , (атм.) PIRAN110.05	-	1,1	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Давление газов на входе в вторую секцию, кгс/см <sup>2</sup> , (атм.) PIRAN 120.05	-	1,1	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Температура КСП на выходе, °С, TIRCAN 100.05	-	95	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
4 Ресивер R200	Уровень КСП в ресивере, %,( мм) LIRCAHL200.12	20 (350)	80 (1180 )	2/2	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Уровень КСП в уровнемерной колонке, %, LIRSAHH200.09; LIRSALL200.05;	20 (250)	80 (1180 )	2/2	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Температура КСП в ресивере, °С, TIRAL 200.21	12	-	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Температура КСП в уровнемерной, °С, колонке TIRCAL 200.06	+1	-	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Уровень КСП в гидрозатворе, мм LIRSALL200.23	250	-	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Уровень КСП в ресивере, %,( мм) LIRCAHL200.12	20 (350)	80 (1180 )	2/2	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Температура КСП в уровнемерной, °С, колонке TIRCAL 200.06	+1	-	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6
5 Насос поз. P210	Давление на линии нагнетания, кгс/см <sup>2</sup> PIRSAH 210.07,	-	7,5	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Температура обмотки двигателя, °С, TAS 210	-	95	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
6 Насос поз. P220	Давление на линии нагнетания, кгс/см <sup>2</sup> PIRSAH 220.07,	-	7,5	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Температура обмотки двигателя, °С, TAS 220	-	95	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
7 Трубопровод КСП на выдаче из установки	Расход КСП, м <sup>3</sup> /ч, FIRFL230.03	0,0		1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
8 Узел смешения EJ300	Давление газов на входе, кгс/см <sup>2</sup> (атм.) PIRAH 300.06,	-	1,1	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Температура газов на входе, °С, TIRAH300.01,	-	100	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Давление газов после EJ300, кгс/см <sup>2</sup> (атм.) PIRAL300.08	-	0,9	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Концентрация водорода после EJ300,%, QIRCAH300.09	-	5	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
9 Трубопровод азота на установку	Давление, кгс/см <sup>2</sup> PIRAH 400.06,	-	8	1/1	Светозвуковая, на мониторе АРМ
	Расход, нм <sup>3</sup> /ч FIRANHL400.07	3500		2/2	Светозвуковая, на мониторе АРМ
10 Электродвижка на выходе газов на свечу	V000.01	Открыт	закрыт	2/2	Светозвуковая, на мониторе АРМ
11 Электродвижка на входе газов	V000.05	Открыт	закрыт	2/2	Светозвуковая, на мониторе АРМ

Таблица 14 - Перечень блокировок

Наименование стадий процесса, места измерения параметров	Наименование блокировки (контролируемого параметра)	Величина срабатывания блокировки, единица измерения		Результат срабатывания блокировки
		мин	макс	
Трубопровод отходящих газов после скрубберов-нейтрализатора в 210,250	Давление газов, PIRSAH000.08	-	1,4 кгс/см <sup>2</sup> (атм.)	Открывается электроклапан V000/01, подачи газов на свечу, закрывается электроклапан V000/05 на установку
Трубопровод отходящих газов после скрубберов-нейтрализатора в на свечу	Давление газов, PIRSAH000.03	-	1,5 кгс/см <sup>2</sup> (атм.)	Разрыв мембраны и сброс газов на свечу
Ресивер R200	Уровень КСП в ресивере, LIRSAL200.05	20 % (250мм )		Остановка работающего насоса P210,P220
Насос P210	Давление на линии нагнетании, PIRSAH 210.07	-	7,5 кгс/см <sup>2</sup>	Остановка насоса
	Температура обмотки двигателя, TAS 210	-	95 °С	Остановка насоса



## **2.7 Действия работающего при срабатывании системы ПАЗ**

При срабатывании ПАЗ технологический персонал (аппаратчик) должен немедленно выяснить, по нарушению какого параметра срабатывает сигнализация или блокировка, определить причину нарушения и принять меры по доведению параметра до величины, указанной в данной инструкции в разделе «Технологический контроль производства».

Если мерами, предусмотренными данной инструкцией, восстановить нормальный технологический режим не удастся, аппаратчик должен сообщить начальнику смены и действовать согласно его указаниям.

В случае срабатывания сигнализации при нормальной величине соответствующего параметра, либо в случае срабатывания только звуковой сигнализации или только световой сигнализации, необходимо через начальника смены вызвать слесаря КИПиА для проверки исправности схемы сигнализации.

Пуск оборудования в работу, его эксплуатацию производить только при включенных блокировках. Время снятия блокировки и ее включения фиксируется в журнале блокировок, определение времени снятия блокировки и ответственность определяются инструкцией ОГП-2 «Инструкция по обслуживанию и проверке исправности систем противоаварийной автоматической защиты».

## **2.8 Порядок подготовки к пуску, пуск и остановка оборудования**

Подготовка к пуску

Подготовка к пуску, пуск и остановка узла конденсации производится аппаратчиком производства аммиачной селитры 5-ого разряда по указанию и под руководством начальника смены на основании письменного распоряжения начальника цеха.

Подготовку к пуску производить в следующей последовательности:

- внешним осмотром убедиться в исправности оборудования, запорной арматуры, коммуникаций, КИПиА, ограждений, заземления, прекращении ремонтных работ на пускаемом оборудовании, правильности сборки электрических схем динамического оборудования;

- проверить правильность установки или снятия необходимых заглушек;

- проверить наличие средств индивидуальной защиты и средств пожаротушения;

- проверить закрытие всех дренажных и технологических вентилей, задвижек, регулирующих, отсекаемых и дистанционно-управляемых клапанов;

- сообщить через начальника смены слесарю КИП и А о подготовке к работе контрольно-измерительных приборов, блокировок, сигнализации, дежурному электромонтеру о подаче напряжения на электродвигатели динамического оборудования;

- включить в работу систему ПАЗ;

- проверить исправность центробежных насосов:

а) затяжка болтов и крепление;

б) уровень смазки;

в) качество прокладок (протечки не должны формировать устойчивый поток);

г) проверка направления вращения (для этого: кратковременно (не более 10 секунд) включить поочередно насосы;

д) проверка на нормальное давление, уровень шума и температуру двигателя.

Пуск центробежных насосов P210, P220

- открыть арматуру на линии всаса, заполнить насос жидкостью, (сравить воздух через воздушника на линии нагнетания);

- нажатием кнопки «пуск» включить насос в работу;

- после набора рабочего давления медленно открыть арматуру на линии нагнетания, (не работать с закрытым нагнетанием более двух- трех минут).

Пуск струйного компрессора EJ300

Открыть задвижки на выходе газов из конденсатора AC100;

Открыть задвижку на выходе газов из ресивера R200;

Подать азот в струйный компрессор EJ300 и в ручном режиме отрегулировать давление до и после EJ300 0,9 и 1,1 кгс/см<sup>2</sup> соответственно (PE300.06; PE300.08);

После вывода на нормальный режим управление давления перевести на автоматический режим работы.

Открыть задвижки на выходе газов из конденсатора AC100;

Открыть задвижку на выходе газов из ресивера R200;

Подать азот в струйный компрессор EJ300 и в ручном режиме отрегулировать давление до и после EJ300 0,9 и 1,1 кгс/см<sup>2</sup> соответственно (PE300.06; PE300.08);

После вывода на нормальный режим управление давления перевести на автоматический режим работы.

Последовательность пуска узла конденсации

Пустить струйный компрессор EJ300;

Открыть электрозадвижку на линии газов в конденсатор AC100;

Включить в работу двигатели вентиляторов на AC100;

Открыть задвижку на входе КСП в ресивер R200;

Открыть задвижки до и после мембраны на линии газов;

Закрыть электрозадвижку на линии газов на свечу;

Температуру КСП контролировать и регулировать по прибору TIRCAN100.05, после нормализации температуры регулятор перевести на автоматическое управление;

После накопления уровня в ресивере не менее 50% по прибору LIRCA200.12, включить в работу насос P210(P220) с выдачей КСП в

сборник. После стабилизации уровня в R200, регулятор LIRCAHL200.12 перевести на автоматический режим работы.

Подать азот в выхлопную трубу через клапан V300.16 для регулирования концентрации водорода после EJ300, при достижении концентрации водорода не более 3 %, регулятор QIRCAH300.09 перевести на автоматический режим работы.

Вести контроль за параметрами НТР.

Остановка центробежных насосов P210, P220

Закрывать арматуру на линии нагнетания;

- нажатием кнопки «стоп» остановить насос;

- закрыть арматуру на линии всаса

Переход с работающего насоса на резервный

Пустить резервный насос в работу;

- остановить работающий насос.

Последовательность остановки узла конденсации

1 Открыть электрозадвижку на линии газов на свечу;

2 Закрывать электрозадвижку на линии газов в конденсатор AC100;

Закрывать задвижки на выходе газов в EJ300 из конденсатора AC100 и ресивера R200;

Остановить двигатели вентиляторов на конденсаторе;

Остановить насос P210 (P220);

Закрывать арматуру на линии азота в EJ300 и на входе в корпус;

Закрывать задвижки до и после разрывной мембраны.

Аварийная остановка

Аварийная остановка может произойти при:

- прекращении подачи электроэнергии на установку;

- прекращении подачи азота на установку;

- разгерметизация аппаратов или трубопроводов.

Во всех аварийных случаях остановить установку [2].

В таблице приведены данные о возможных неполадках в работе и способы их ликвидации

Таблица 15 - Неполадки в работе и способы их ликвидации

Неполадка	Возможная причина возникновения неполадки	Действия работника и способ устранения неполадки
Повышение температуры КСП после конденсатора АС100	Неудовлетворительная работа регулятора TIRCA100.05	Через начальника смены вызвать слесаря КИП и А для устранения причины
Повышения, понижения уровня КСП в ресивере R200	1 Нестабильная работа насоса P210 (P220); 2 Неудовлетворительная работа регулятора LIRCA200.12	1 Перейти на резервный насос; 2 Через начальника смены вызвать слесаря КИП и А для устранения причины
Повышения давления газов перед EJ300	1 Недостаточная подача азота в EJ300; 2 Понижение давления азота на входе в корпус	1 Увеличить подачу азота в EJ300 2 Проверить герметичность соединений, сообщить начальнику смены
Повышения концентрации водорода на выходе газов после EJ300	1 Недостаточная подача азота в смеситель; Неудовлетворительная работа регулятора QIRCA300.09 Неисправность газоанализатора	1 Увеличить подачу азота в смеситель; 2,3 Через начальника смены вызвать слесаря КИП и А для устранения причины
Подсос воздуха через гидрозатвор ресивера R200	Отсутствие КСП в гидрозатворе ресивера	Через дренажный вентиль ресивера заполнить гидрозатвор конденсатом

Все перечисленные выше отклонения могут привести к аварийной ситуации в случае непринятия мер.

Действия аппаратчика в процессе обслуживания узла конденсации должны быть направлены на предупреждение отклонений.

При обнаружении отклонений на работающем оборудовании и в аварийных ситуациях аппаратчик немедленно ставит в известность начальника смены, а в случае их отсутствия действует самостоятельно по устранению отклонений в границах своего рабочего места, с немедленным сообщением начальнику смены о своих действиях. В случае невозможности устранения отклонений, которые могут привести к аварийной ситуации, оборудование должно быть остановлено.

Персонал, обслуживающий узел конденсации под руководством начальника смены, несет ответственность:

- за нарушение норм технологического режима и правил безопасной эксплуатации обслуживаемого оборудования, КИПиА, коммуникаций и арматуры,

- за все случаи аварии и брака в работе, происшедшие по его вине.

Вывод к главе 2:

В данном подразделе содержатся сведения по эксплуатации и обслуживанию узла конденсации отходящих газов скрубберов-нейтрализаторов производства аммиачной селитры цеха №3.

Узел конденсации входит в состав цеха №3 производства аммиачной селитры и предназначен для:

- полной конденсации паров воды в отходящих газах скрубберов-нейтрализаторов;

- отвода образовавшегося конденсата сокового пара;

- отвода и доведения до безопасной концентрации отходящих газов после конденсации паров воды;

- сброса в атмосферу смеси инертных газов, оставшихся после конденсации паров воды.

Показаны основные особенности технологического процесса производства амселитры и карбамида с учетом оборудования, касающегося очистки от пыли газов продукта ПАО «КуйбышевАзот».

### **3 Современные методы очистки выбросов химических предприятий от пыли**

Очистка выбросов химических предприятий от пыли основана, прежде всего, на использовании сырья минимизацией количества отходов, а также увеличением безотходных производств (увеличение КПД процессов, оптимизация технологического процесса, совершенствование существующих технологий). Кроме того, к способам борьбы с пылевыми компонентами являются внедрение прогрессивных приемов и методов борьбы с возникающими вредными процессами (бездымное тушение – снижение выбросов в атмосферу).

Проблема очистки выбросов химических предприятий также заложена в причинах, предшествующих данной проблеме. А именно, целью обеспечения безопасности деятельности химических предприятий является эффективная очистка от вредных примесей, а также аэрозолей до их выброса в атмосферу.

Система очистки характеризуется ее степенью (КПД), а также материальными затратами на ее монтаж и дальнейшее функционирование (регулярные технические осмотры, энергетические расходы, замена вышедшего из строя оборудования, частей и элементов системы). На данном этапе следует определить термин «промышленная очистка». Это очищение газов с целью последующей утилизации или возврата в производство отделенного газа или превращенного в безвредное состояние продукта. Данная очистка – обязательный и необходимый этап при функционировании технологического процесса химического производства. Также имеет место в данном контексте понятие «санитарная очистка», процесс очищения газового потока от загрязняющих веществ по уровню ПДК в воздухе. Санитарная очистка проводится перед тем, как отходящие газы поступают в атмосферу. На данном этапе предусматривается необходимость отбора проб для замера и сравнения с ПДК. В зависимости от направленности технологического

процесса, объемов производства контролируется содержание вредных примесей. Кроме того, производится оценка эффективности обеспечения безопасности систем очистки химического предприятия. Для определения выбора систем очистки от пыли важны такие показатели, как: температура отходящих газов, физико-химические свойства примесей, состав примесей. Также важными показателями являются капитальные затраты и экологическая обстановка на прилегающей территории.

Оборудование и аппараты системы очистки от пыли выбираются после проведения организационно-технических мероприятий, снижающих выбросы веществ.

Система очистки газа на предприятии – комплекс аппаратов и оборудования, который всецело предназначен для отделения вредных веществ из промышленного источника газа. Данные системы предназначены также превращать примеси и аэрозоли в безвредные вещества, в крайнем случае, снижать степень их концентрации. Аппараты очистки бывают пылеулавливающие и газоочистные.

Аппаратом очистки газа принято считать, что это основной элемент системы очистки, в котором происходит процесс улавливания пылевых или других загрязняющих веществ. Среди газоочистных аппаратов выделяют семь основных групп:

1 (С) - сухие пылеуловители (сухие инерционные, а также гравитационные);

2 (М) - скрубберы (механические, ударно-инерционные, полые, насадочные, центробежные), скрубберы Вентури, мокрые пылеуловители (инерционные, конденсационные),;

3 (Ф) - промышленные фильтры (рукавные, волокнистые, карманные, зернистые), с регенерацией (импульсной обратной промывкой ультразвуком), с механическим и вибровстряхиванием;

4 (Э) - электрические пылеуловители (сухие и мокрые электрофильтры);



5 (X) - аппараты сорбционные (химической) очистки газа от газообразных примесей (адсорберы, абсорберы);

6 (Т) - аппараты термической и термокаталитической очистки газов от газообразных примесей (печи сжигания, каталитические реакторы);

7 (Д) - аппараты других методов очистки.

Процесс работы данных устройств характеризуется основным показателем – степенью очистки. Также среди характеристик газоочистных аппаратов принято считать: влажность газового потока, технологические условия очистки, аэродинамическое сопротивление, плотность пылевой взвеси.

Нормальное и эффективное функционирование системы очистки промышленного предприятия характеризуется бесперебойной работой всех ее элементов на показателях, принятых заводом-изготовителем. Кроме того, данные технические системы сертифицируются и учитываются в органах Минприроды РФ, на каждый заводится паспорт. Все элементы систем очистки от пыли подлежат регулярной проверке (технический осмотр), по итогу которой составляется акт. Периодичность контрольных проверок и технических осмотров – 1 раз в год при проектных показателях, внеочередные ремонты проводятся при превышении показателей датчиков систем очистки. Эффективность систем очистки проверяется 2 раза в год.

### **3.1 Технические принципы и методы очистки выбросов карбамида и амселитры от пыли**

Пыль – совокупность мельчайших летучих частиц твердых веществ, грубодисперсный аэрозоль, характеризующийся тем, что вещества не способны выпадать в осадок. Пыль является загрязнителем в хозяйственной и промышленной деятельности человека, она способна оседать на поверхности и загрязнять значительные объемы биосферы. Природоохранные органы РФ принуждают руководителей производственных предприятий осуществлять очистку отходящих промышленных газов

от пыли. В связи с этим, часть производственных объектов закрывается вследствие наложенных санкций исполнительными органами государственной власти. Возникает многозначительный и требующий изучения вопрос обеспечения промышленной безопасности. Следует двигаться в ответе на данный вопрос в направлении модернизации производства и закупки современного оборудования для очистки газов от взвешенных частиц и механических примесей.

Существует огромное количество конструкций и аппаратов, так называемых, «пылеуловителей». Их устройство основано на осаждении взвешенной фазы. В дисперсной среде пылинки рассредоточены в определенном порядке, где движущими силами являются сила тяжести и сила диффузии (перемешивания вещества). Силой тяжести по физическим законам осаждаются относительно крупные пылинки, следовательно, принцип действия большинства основан на использовании силового поля (такое поле создается искусственно). Для того чтобы процесс пылеулавливания имел замкнутый цикл, то есть частицы обратно не возвращались в поток газа, организуют смачивание поверхности.

Методы очистки выбросов химических предприятий, направленность которых связана с производством амселитры и карбамида, делятся на механическую очистку, звуковую и ультразвуковую и электростатическую. Механическая очистка производится посредством, так называемых сухих и мокрых методов. Сухими методами механической очистки являются пылеулавливание (центробежное и инерционное), гравитационное осаждение, а также фильтрационные мероприятия. Можно утверждать, что промышленные предприятия РФ, которые производят тонны продукции в год, используют совокупность методов очистки производственных процессов от пыли. В большинстве своем, это совокупность конструкций и установок по очистке газов.

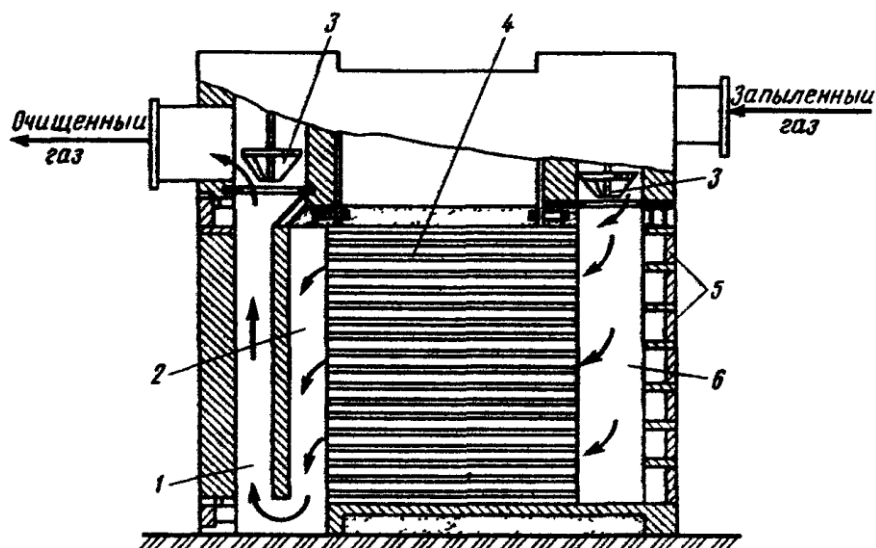
«Размеры площадки для технической территории объекта по ХХО и промплощадки объекта УХО должны быть достаточными для размещения

основных и вспомогательных сооружений, включая пылегазоочистные и локальные очистные сооружения, места для сбора и временного хранения разрешенных промышленных и бытовых отходов, а также устройства по обезвреживанию, утилизации отходов и полигона (участка) захоронения отходов» [6].

«Содержание пыли и вредных веществ в воздухе, подаваемом в системы приточной вентиляции, согласно строительным нормам и правилам не должно превышать 30% предельно допустимой концентрации их в воздухе рабочей зоны производственных помещений» [6].

3.1.1 Гравитационное осаждение, как сухой метод механической очистки от пыли

Гравитационное осаждение механических методов очистки – это осаждение частиц при движении запыленного газа с малыми скоростями под действием силы тяжести. Данный метод очистки проводится в местах пылеосаждения, либо отстойных газоходах. Осадительные камеры оснащены горизонтальными полками (4), для того чтобы уменьшить высоту осаждения частиц в камерах. Горизонтальные полки на 40-100 мм отделены друг от друга, вследствие чего газовый поток разбивается на плоские струи. На рисунке 17 представлена схема устройства пылеосадительной камеры гравитационного осаждения (механический метод очистки).



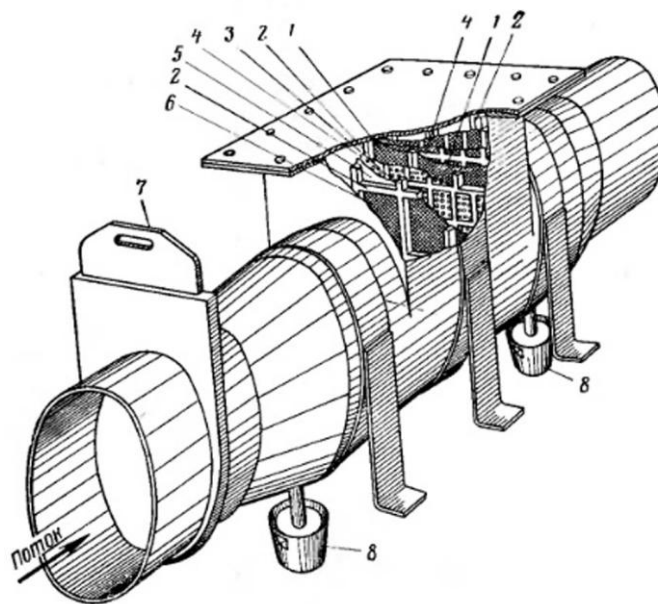
1- выходной канал; 2 – сборный канал; 3 – шиберы; 4 – горизонтальная полка; 5 – дверцы, 6 – всасывающий канал

Рисунок 17 – Схема устройства пылесадительной камеры

Особенность представленного метода очистки от пыли заключается в том, что происходит очистка лишь крупных частиц (размером не меньше, чем 50-100 мкм). Для предприятия производственного масштаба, конкретно для ПАО «КуйбышевАзот» данный метод очистки может быть использован только в качестве предварительного этапа очистки. Степень очистки представленного метода составляет до 45-50%.

### 3.1.2 Инерционное осаждение - метод механической очистки от пыли

Инерционное осаждение осуществляется путем осаждения пыли при изменении направленного движения газового потока (его пропускают через жалюзи). Метод, также как и предыдущий, является грубым, эффективность очистки не более 65%. На рисунке 18 изображена схема устройства инерционного скруббера.



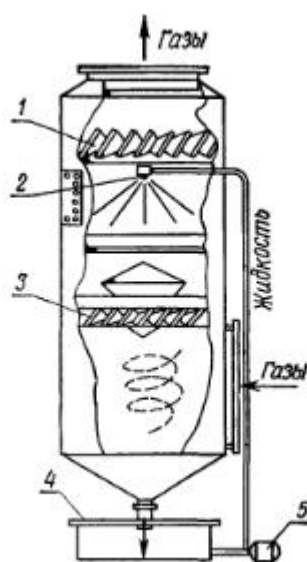
1 – пластина коллектора; 2 – разделительные рамки; 3 – отбойная пластина; 4 – разделительный элемент; 5 – подстиляющий слой; 6 – входная пластина; 7 – заслонка; 8 – цементный резервуар

Рисунок 18 – Схема устройства инерционного скруббера

Входящие в газовый поток молекулы в отверстия данного устройства инерционного скруббера, сосредотачиваются и далее сталкиваются с отражательными пластинами (1). Далее частицы осаждаются на этих пластинах в виде жидкостных капель. В качестве материалов для отражательных пластин применяют свинец, стекло (жаропрочное). Данные материалы характеризуются низким пределом хрупкости, тем не менее, они устойчивы к высоким температурам. За отражательными пластинами толщиной не более 3 мм располагают отбойные листы (3). Скорость частиц газового потока в рассматриваемом скруббере варьируется в пределах 30-35 м/с. Очевидно, что при увеличении скоростей происходит повторный захват частиц, при уменьшении скоростей – снижение эффективности предлагаемого устройства. Эффективность современных инерционных скрубберов может достигать и 70%, что значительно выше предыдущих (гравитационное осаждение механических методов очистки). Недостаток метода – относительно быстрое изнашивание (деформация, истирание) пластин инерционного скруббера, забивание щелей.

### 3.1.3 Центробежные методы очистки - методы механической очистки от пыли

Центробежный метод очистки газов от пыли основан на принципе действия центробежной силы, которая возникает в результате вращения газового потока в самом аппарате скруббера. Центробежные аппараты очистки могут быть в виде циклонов или вращающихся пылеуловителей. В промышленности широко распространено применение циклонов для осаждения твердых аэрозолей. На рисунке 19 приведена схема устройства центробежного скруббера с внутренними завихрителями.



- 1 - раскручиватель для выравнивания потока; 2 – ороситель; 3 – завихритель; 4 – сосуд для сбора жидкости; 5 - насос

Рисунок 19 – Схема устройства центробежного скруббера с внутренними завихрителями

Центробежный скруббер выполняется в виде цилиндра, форма которого переходит в коническую. Газ через входной патрубок поступает в аппарат (1), приобретает вращательное движение. Форсунки, расположенные в верхней части аппарата, подают водный поток (2) в том же направлении, что и газовый (3). Образуется водяная пленка, стекающая в бункер (4). Пылевые частицы отбрасываются к поверхности аппарата, затем смываются

водой в бункер. Далее очищенный газовый поток выходит через верхний патрубок.

«При техническом осмотре и проверке циклонов необходимо:

а) проверить герметичность циклона и коммуникаций (подводящих воздухопроводов), наличие утечек газов или сверхдопустимых подсосов воздуха. Подсос в бункер циклона около 15% воздуха от расхода газа снижает коэффициент очистки почти до нуля;

б) определить степень изношенности аппарата: отсутствие (наличие) неплотностей, вмятин, коррозионный и абразивный износ корпуса и бункера циклона, газоходов;

в) проверить работу пылевыгрузочного устройства и регулярность удаления пыли. При переполнении бункера могут забиваться конусы элементов, в результате чего эффективность работы циклонов существенно снижается;

г) проверить состояние внутренних поверхностей циклона: отсутствие значительных отложений пыли в корпусе и конусе циклона, наличие уловленной пыли в бункере аппарата, отсутствие посторонних предметов. Слой пыли в бункере при наибольшем его заполнении должен быть не ближе чем на 20 - 25 см от пылевыпускного отверстия циклона;

д) проверить качество теплоизоляции и антикоррозийных покрытий;

е) проверить наличие и исправность предусмотренных проектом контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), необходимых для обеспечения нормальной и эффективной работы установки;

ж) количество газа, поступающего на очистку в циклон, должно находиться строго в пределах, предусмотренных проектом. При уменьшении количеств газа более чем на 5 - 8% уменьшается скорость его движения, что ведет к снижению эффективности очистки. При увеличении количества газа более чем на 20% значительно возрастает гидравлическое сопротивление циклона, часто с уменьшением эффективности очистки из-за вторичного уноса пыли» [5].

### 3.1.4 Электростатическая очистка газов от аэрозолей

Электростатическая очистка широко применима, поскольку эффективность данного метода распространяется на дисперсные среды с любым размером частиц. Принцип метода заключается в ионизации, а также заряду пылевых частиц при прохождении газового потока через электрическое поле с высоким напряжением. Его создают при помощи коронирующих электродов. Частицы осаждаются на заземленные электроды. Промышленные аппараты-фильтры спроектированы посредством соединения труб и пластин, где проходит нужный для очищения газовый поток. Заявленная эффективность заводов-изготовителей данных аппаратов-фильтров 99,96%. Современные аппараты-электрофильтры представлены на рисунке 20.

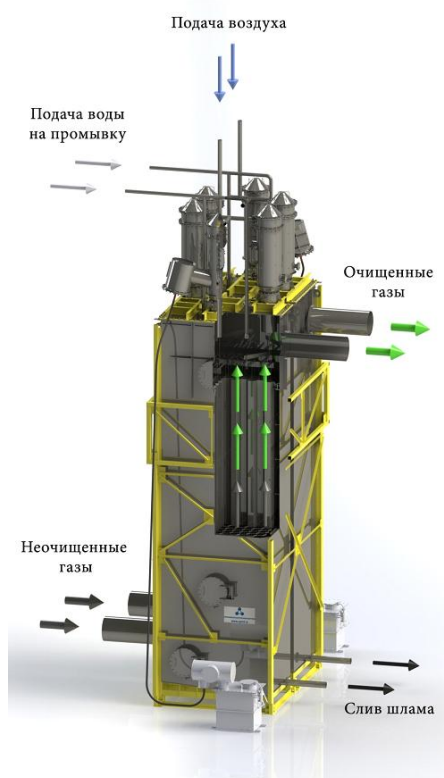


Рисунок 20 – Электрофильтр ЭТМ 2-7.2.1



### 3.2 Двухзонный электрофильтр для очистки газов

«Изобретение относится к области электрогазоочистки и может быть использовано в малообъемных пылящих технологических процессах, а также для очистки аэрозолей. Задача изобретения - уменьшение числа и/или длины параллельно устанавливаемых электродов за счет использования неравномерности распределения зарядов по поперечному сечению фильтра. Фильтр содержит зарядную камеру в виде параллельных заземленных пластин, между которыми в плоскости симметрии перпендикулярно продольной оси расположен коронирующий электрод. Осадительная камера содержит систему плоских параллельных электродов, один из которых расположен в плоскости симметрии. В одном варианте решения ближайшие к плоскости симметрии осадительные электроды расположены на большем расстоянии от электрода, лежащего в плоскости симметрии, чем расстояние между парами других соседних электродов. В другом варианте электрод в плоскости симметрии и ближайшие к плоскости симметрии осадительные электроды выполнены меньшей длины, чем соседние осадительные электроды» [30]. На рисунке 21 представлена схема двухзонного электрофильтра для очистки газов.

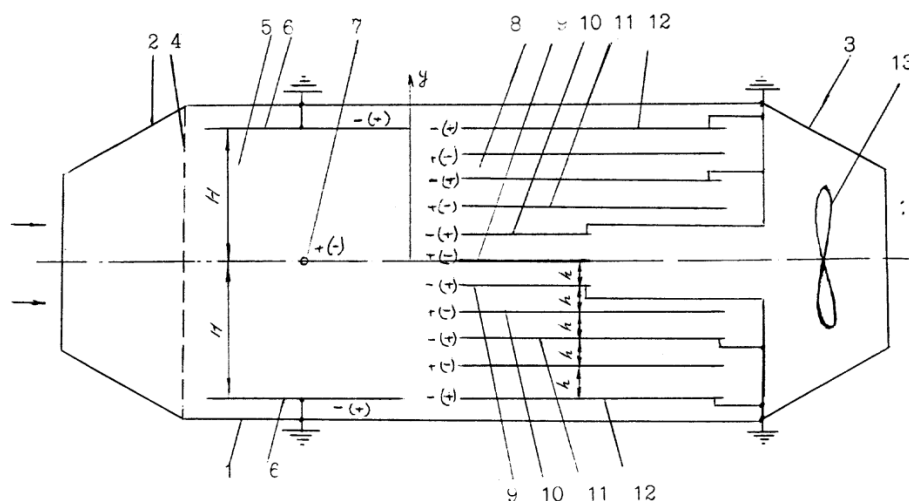


Рисунок 21 – Схема двухзонного электрофильтра для очистки газов

«Прибор относится к области электрогазоочистки, а именно, к очистке газов от твердых и жидких примесей с помощью электрического поля коронного разряда и может быть использовано для очистки газов при малообъемных пылящих технологических процессах, а также для очистки аэрозолей» [30].

### **3.3 Способ очистки газа**

«Устройство способа очистки относится к способам электрической очистки газов, содержащих сернистый ангидрид, от высокоомной пыли для обеспыливания газовых выбросов в различных отраслях промышленности (металлургической, химической, нефтеперерабатывающей, строительных материалов и др.). Предлагаемый способ основан на пропускании части пылегазового потока, увлажненной до величины не менее 90 %, содержащего сернистый ангидрид, через зону барьерного разряда, где в среде радикалов происходит эффективная конверсия диоксида серы в трехокись серы (до 90%)» [31].

«Частицы пыли в разрядной зоне очищаются от углеводородных загрязнений и эффективно заряжаются ионами. Во влажном газе на них конденсируются растворы триоксида серы, приводящие к снижению их удельного электрического сопротивления. Попадая в основной газопоток, частицы пыли, смешиваясь с пылегазовым потоком, дополнительно снижают общее удельное электрическое сопротивление, полученное за счет ввода триоксида серы. В отличие от существующих способов очистки газа от высокоомной пыли, связанных с уменьшением удельного электрического сопротивления пыли путем увлажнения всего пылевого потока или его обработки электронным облучением, пропускание части увлажненного газа через зону барьерного разряда позволяет уменьшать удельное электрическое сопротивление пыли без значительного повышения влажности основного потока, что благоприятно отражается на состоянии осаждаемой пыли на электродах

для их эффективного регенерирования, уменьшается налипание пылевых отложений, снижается коррозия конструктивных элементов» [31].

«Предлагаемое изобретение относится к способам электрической очистки газа и может быть использовано для эффективного обеспыливания технологических сред и газовых выбросов от дисперсной высокоомной фазы в различных отраслях промышленности (металлургической, химической, нефтеперерабатывающей, строительных материалов и др.)» [31]. На рисунке 22 приведена схема способа очистки газов от пыли.

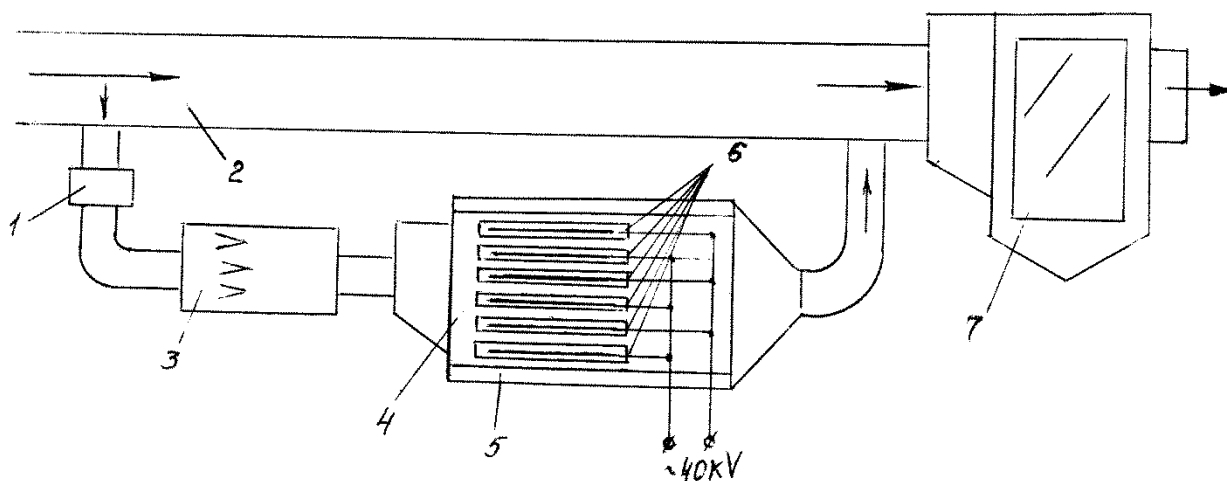


Рисунок 22 – Способ очистки газов

«Целью предлагаемого изобретения является повышение эффективности очистки пылегазовых выбросов, содержащих высокоомную пыль, снижение коррозии конструктивных элементов аппарата очистки.

Поставленная цель достигается тем, что перед очисткой газов, содержащих сернистый ангидрид и высокоомную пыль, в электрофильтре, часть запыленного потока отводят, повышают влагосодержание ее до относительной влажности не менее 90% и пропускают через зону барьерного разряда при напряжении на электродах 35 40 КВ промышленной частоты с последующим введением этой части газа в основной пылегазовый поток для получения содержания в нем

триоксида серы в объемных долях в интервале от 0,003 до 0,005%. Введенный таким образом в основной газопровод триоксид серы позволяет снизить удельное электрическое сопротивление пыли перед очисткой газа в электрофильтре не переувлажняя основной газовый поток и тем самым способствовать снижению коррозии очистных сооружений и повышению эффективности очистки газа.

На чертеже изображена схема установки для осуществления данного способа очистки газов. Вентилятором 1 производится отведение части пылегазового потока, из основного газопровода 2, которая попадает в увлажнитель 3, где повышают влагосодержание отведенного потока до относительной влажности не менее 90%. Далее поток пропускают через разрядный блок 4. Разрядный блок содержит корпус 5, покрытый внутри слоем диэлектрика и систему плоскопараллельных металлических электродов, покрытых слоем диэлектрика 6, находящихся на расстоянии 20 мм друг от друга. К электродам последовательно в чередующемся порядке подведено переменное высокое напряжение. Затем газы возвращаются в основной газопровод и попадают для очистки в электрофильтр 7» [31].

### **3.4 Способ производства аммиачной селитры и фильтрующий элемент для тонкой очистки паровоздушной смеси перед сбросом в атмосферу от аммиачной селитры и аммиака**

«Изобретение относится к способу производства гранулированной аммиачной селитры и фильтрующему элементу для тонкой очистки паровоздушной смеси перед выбросом в атмосферу от аммиачной селитры и аммиака. Способ включает нейтрализацию азотной кислоты газообразным аммиаком, выпарку раствора аммиачной селитры до состояния высококонцентрированного плава в токе воздуха, грануляцию плава в башне, двухступенчатую очистку смеси воздуха из башни с соковым паром из нейтрализатора и паровоздушной смесью из выпарного аппарата от примесей

аммиачной селитры и аммиака, включающую промывку слабым раствором аммиачной селитры на первой ступени и тонкую очистку фильтрацией через материалы из ультратонких волокон на второй ступени, при этом фильтрацию очищаемой смеси осуществляют через несколько слоев фильтрующих полотен, которые отличаются своими характеристиками по материалу, толщине, плотности, а первый по ходу очищаемой смеси слой фильтрующего полотна постоянно или периодически орошается распылением смеси конденсата сокового и свежего пара; орошающий конденсат, обогащенный нитратом аммония, выводят из фильтров и распределяют на подпитку цикла промывного раствора на первой ступени очистки смеси, на промывку сокового пара на выходе из реактора - нейтрализатора, доочистку паровоздушной смеси из выпарного аппарата и из до нейтрализаторов. Способ и фильтрующий элемент позволяют достичь тонкой очистки воздуха от аммиачной селитры до 15-30 мг/м<sup>3</sup> и аммиака - не более 5 мг/м<sup>3</sup>» [32].

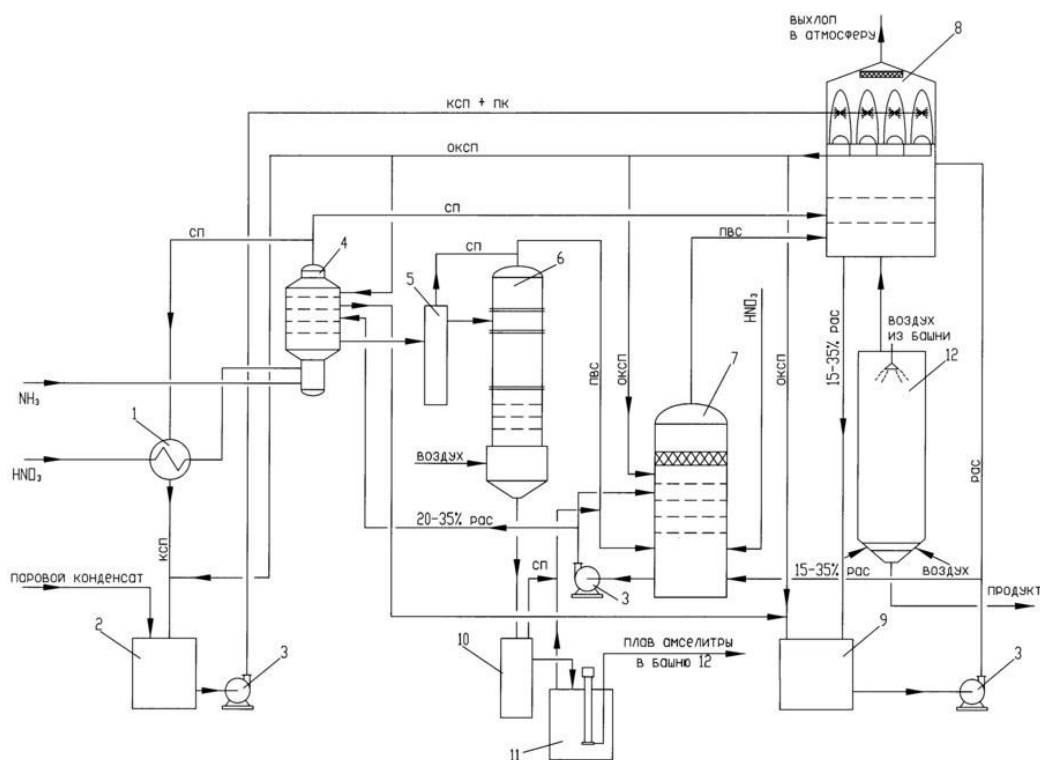


Рисунок 23 – Схема способа производства аммиачной селитры и фильтрующий элемент для тонкой очистки паровоздушной смеси перед сбросом в атмосферу от аммиачной селитры и аммиака

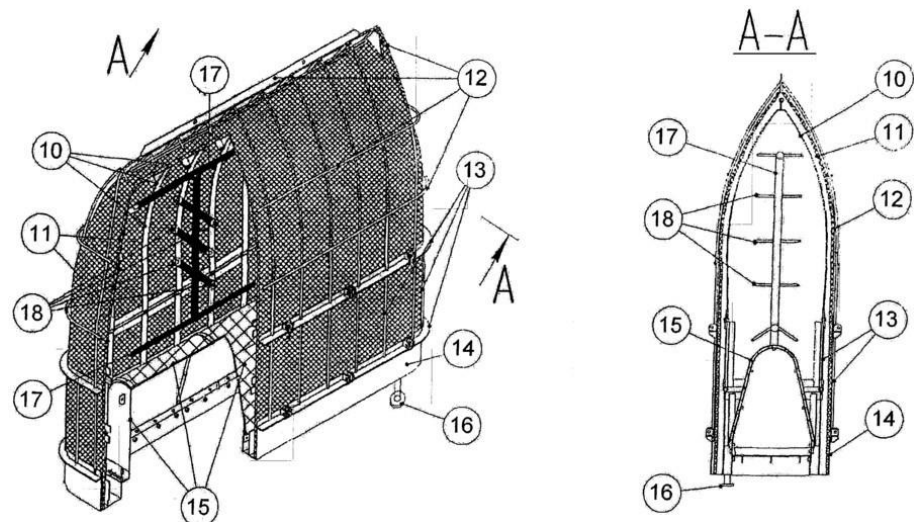


Рисунок 24 - Схема способа производства аммиачной селитры и фильтрующий элемент для тонкой очистки паровоздушной

### 3.5 Способ очистки газа от пыли и устройство для его осуществления

«Изобретение относится к очистке газопылевых выбросов в различных отраслях промышленности. Способ основан на обработке газа знакопеременным электрическим полем, создаваемым в объеме между ионизирующим и осадительным электродами с дополнительным воздействием на частицы аэрозоля бегущего электрического поля одновременно по двум направлениям: навстречу поступающему потоку газа и в сторону осадительного электрода. Устройство для очистки газа от пыли содержит систему плоскопараллельных перфорированных ионизирующих электродов и пластинчатых осадительных электродов, покрытых слоем однородного диэлектрика. В устройстве также размещена система электродов бегущего электрического поля, выполненных в виде изогнутых пластин со слоем однородного диэлектрика в форме крылового профиля, и распределена в виде решетки профилей электродов с двумя направлениями трансляционной симметрии: вдоль поступающего потока газа и в направлении осадительного электрода. Ионизирующие электроды подключены к

противоположным выводам источника однофазного переменного тока, осадительный электрод подключен к одному из выводов источника однофазного переменного тока, а электроды бегущего электрического поля подключают по порядку со стороны набегающего потока газа и по порядку их следования от ионизирующего электрода, соответственно к началам фазовых обмоток А,В,С; С,А,В и В,С,А источника трехфазного переменного тока. Выведенную нейтраль этого источника подключают к осадительному электроду. Совместное воздействие на частицы аэрозоля газодинамических сил, сил электрического поля, приложенного между основными электродами, и сил бегущего электрического поля приводит к увеличению эффективности очистки газа от пыли в широком интервале скоростей потоков газа» [34]. На рисунке 25 представлена схема способа очистки газа от пыли и устройство для его осуществления.

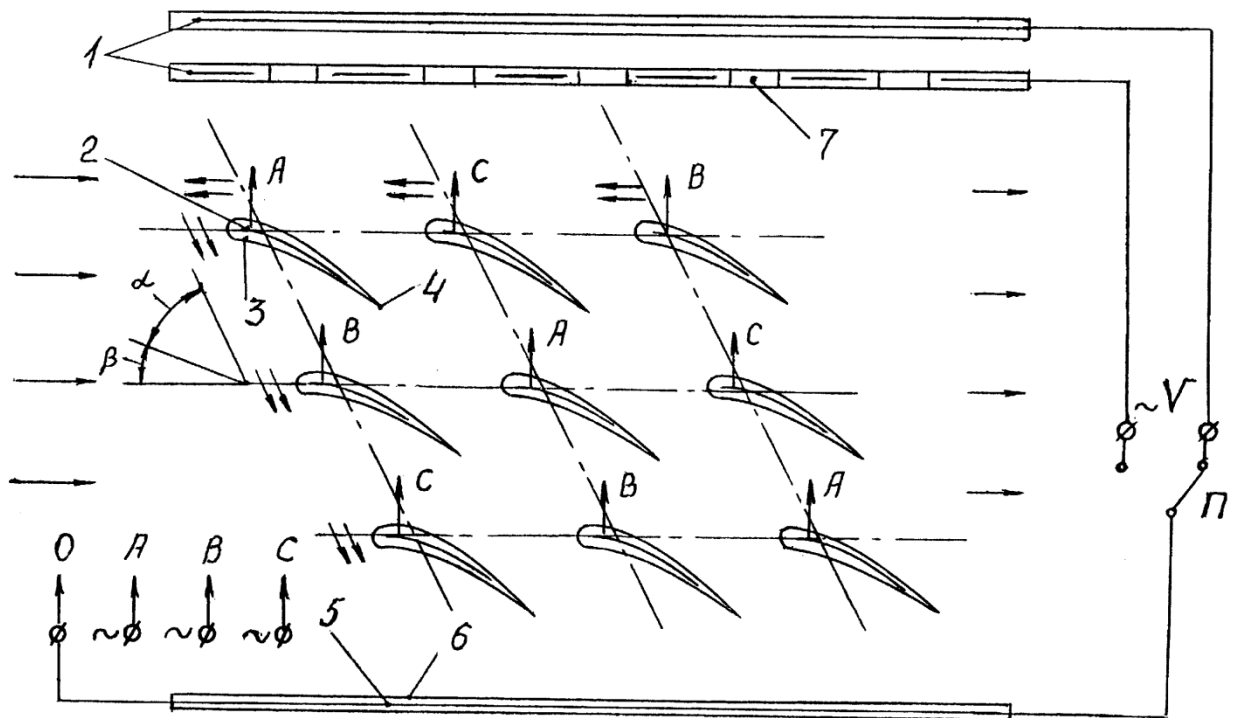


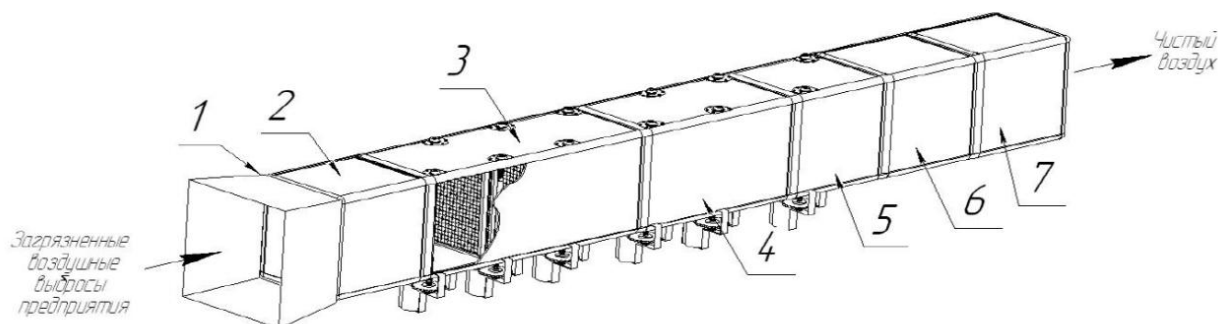
Рисунок 25 - Способ очистки газа от пыли и устройство для его осуществления

«Способ очистки газа от пыли относится к технике очистки газов от налипающей пыли, например, мела, извести,

сажи и т.д., и может быть использовано на предприятиях промышленности, строительных материалов, металлургической, химической промышленности, энергетики, где имеют место промышленные выбросы. Технической задачей является снижение энергозатрат процесса регенерации при изменяющейся плотности запыленного газа, за счет автоматизированного воздействия на привод регенерирующего устройства, путем контроля температуры, и, соответственно плотности очищаемого газа в условиях переменных погодных-климатических воздействиях окружающей среды на уловитель налипающей пыли. Технический результат достигается тем, что уловитель налипающей пыли содержит цилиндрический корпус с тангенциальным входным и осевым выходным патрубками, цилиндрическую осадительную поверхность, выполненную из продольных металлических пластин, бункер, крышку с установленным на ней приводом регенерирующего устройства, причем металлические пластины выполнены упругими, установленными внахлест одна с другой по направлению закрутки пылегазового потока и снабжены втулками, закрепленными по их торцам, при чем верхняя втулка установлена с возможностью возвратно-поступательного перемещения и соединена с приводом регенерирующего устройства, а нижняя жестко закреплена на корпусе и установлена с зазором к нему, при этом привод регенерирующего устройства выполнен в виде связанных между собой двигателя с регулятором скорости перемещения, соединенным с выходом регулятора температуры запыленного газа и датчиком температуры, установленным в тангенциальном входном патрубке и подсоединенный к регулятору температуры, который содержит блоки сравнения и задания, при этом блок сравнения соединен с входом электронного усилителя, оборудованного блоком нелинейной обратной связи, при чем выход электронного усилителя соединен с входом магнитного усилителя с выпрямителем» [34].



### 3.6 Блочно-модульная система комплексной очистки воздуха промышленных предприятий



1- устройство забора загрязненного воздуха; 2- циклон для очистки пылевых фракций; 3- вентилятор; 4 – блок адсорбционной очистки; 5 – блок фото каталитической очистки; 6- реактор каталитической очистки; 7- блок рекуперации очистки

Рисунок 26 – Блочно-модульная система комплексной очистки

Представлена к рассмотрению унифицированная модульная система (рисунок 26) очистки газов от примесей. Достоинства такой разработки – это ее широкий спектр применения, поскольку заказчик может менять конфигурацию элементов в интересах направленности своего производства. Данная комплексная блочная система очистки позволяет перевести производство на замкнутый цикл за счет экономии ТЭР.

Экономическая эффективность данного устройства системы очистки подтверждается тем, что в применении задействованы модульные части системы, новые сорбирующие материалы и нанокатализаторы.

### 3.7 Электрофильтры. Инновационные технические решения

Учитывая специфические особенности химических производств различных предприятий, исключена возможность применения электрофильтров общего исполнения. Так или иначе, их КПД на разных направлениях производств будет отличаться, поэтому в данной отрасли необходимо применение новых решений.

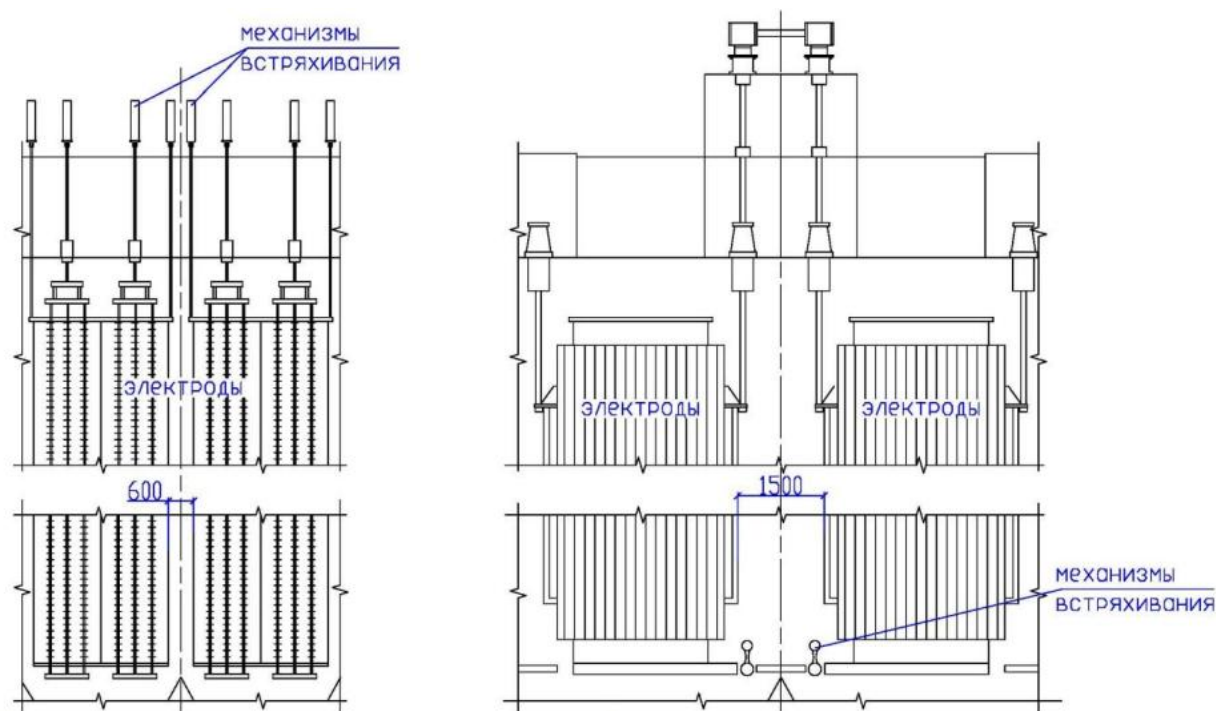


Рисунок 27 - Компоновка межполюсного промежутка электрофильтра (слева) и классическая европейская компоновка (справа)

На самом деле, модернизация электрофильтров также активно развивается быстрыми темпами. Эффективность электрофильтра характеризуется активным объемом. В электрофильтре кроме активного объема присутствует много технологических неактивных областей, которые вполне можно сократить. Большая часть неактивного объема - это пространство, которое занимают механизмы встряхивания, вал которых располагается в межполюсном промежутке, а также технологических проходов для обслуживания в первую очередь как раз этих самых механизмов встряхивания.

Если предположить, что из межполюсного промежутка убраны механизмы встряхивания, то это позволит сократить порядка 600-800 мм неактивного объема по длине фильтра на каждое поле фильтра. На рисунке 27 приведена компоновка межполюсного промежутка электрофильтра и классическая европейская компоновка.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе диссертационного исследования были сделаны следующие выводы и решения:

Описана существующая система защиты обеспечения безопасности цехов аммиачной селитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот».

Узел конденсации входит в состав цеха №3 производства аммиачной селитры и предназначен для:

- полной конденсации паров воды в отходящих газах скрубберов-нейтрализаторов;
- отвода образовавшегося конденсата сокового пара;
- отвода и доведения до безопасной концентрации отходящих газов после конденсации паров воды;
- сброса в атмосферу смеси инертных газов, оставшихся после конденсации паров воды.

Предложены усовершенствованные организационно-технические мероприятия по очистке выбросов цехов аммиачной селитры и карбамида от пыли продукта ПАО «КуйбышевАзот».

Предложены к применению в качестве дополнения существующей системы очистки: двухзонный электрофильтр для очистки газов; способ очистки газа; способ производства аммиачной селитры и фильтрующий элемент для тонкой очистки паровоздушной смеси перед сбросом в атмосферу от аммиачной селитры и аммиака; способ очистки газа от пыли и устройство для его осуществления. Также блочно-модульная система комплексной очистки воздуха промышленных предприятий и электрофильтры.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 10.01.2002 №7 (ред. от 29.07.2018) «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс].- URL : <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=117956904008014143112312344&cacheid=889BC395715FD7301471540EB174AD9F&mode=splus&base=LAW&n=301549&rnd=0.17831590657144347#1h4vx16jrdg> (дата обращения: 25.03.2019).
2. Официальный сайт ПАО «КуйбышевАзот» [Электронный ресурс].- URL : <http://www.kuazot.ru/index.php?lang=rus> (дата обращения: 25.05.2019).
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям, ИТС 2-2015 [Электронный ресурс]. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200128662> (дата обращения: 25.03.2019).
4. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция)
5. [Электронный ресурс].- URL : <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=303638&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.6759876505209201#028003097494595863> (дата обращения: 25.03.2019).
6. Глебова, Е.В., Коновалов, А.В. Основы промышленной безопасности [Текст]. Учебное пособие./ Е.В. Глебова, А.В. Коновалов; М: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2015.-171с.
7. Письмо № вк-03-01-36/15437 от 15.11. 2012 г. «О направлении методических рекомендаций по осуществлению государственного надзора за охраной атмосферного воздуха» Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации Федеральная Служба по надзору в сфере природопользования [Электронный ресурс].- URL : <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=1464039541009319477247761165&cacheid=20203E0F12BBD88F9213C9B8BA443FCF&mode=splus&>

base=LAW&n=149708&dst=100441&rnd=0.5701862023437665#23inwx8r22q(дата обращения: 25.03.2019).

8. Постановление Правительства РФ № 34 от 18.05.2009 г. «Об утверждении СП 2.2.1.2513-09» Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека главный государственный санитарный врач РФ [Электронный ресурс].- URL :

9. <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=1464039541009319477247761165&cacheid=20203E0F12BBD88F9213C9B8BA443FCF&mode=splus&base=LAW&n=315575&rnd=0.5701862023437665#1t723gjvova> (дата обращения: 25.03.2019).

10. ГОСТ 2-2013 Селитра аммиачная. Технические условия (с изменением № 1, с поправкой) гост 2-2013 межгосударственный стандарт селитра аммиачная Технические условия [Электронный ресурс].- URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200107273> (дата обращения: 25.03.2019).

11. ГОСТ 2081-2010 Карбамид. Технические условия (с Изменением №1), С.100-103.

12. [Электронный ресурс].- URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200080578> (дата обращения: 25.03.2019).

13. Приказ №2025 от 29.05.2018 г. «Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в отрасли химической промышленности РФ и о признании утратившим силу приказа МинПромТорга России от 29.11.2017 г. № 4169 Министерство промышленности и торговли РФ [Электронный ресурс].- URL : <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&ts=409444810032490656610250457&cacheid=6116CAA46DF649487AF148AE652CAB06&mode=splus&base=LAW&n=299750&rnd=0.7766712896583365#rdqpusl918> (дата обращения: 25.03.2019).

14. Василенко, В.И. Наука и химия: Химико-технологические основы производства аммиачной селитры [Текст]. / В.И. Василенко, М.А. Ульянова, В.П. Зволинский// Современные проблемы химических предприятий : сб.

науч. тр. / Ивановский. межрегион. ин-т обществ. наук, Ивановский гос. ун-т., – Иваново, 2010. – С. 100–103. – Библиогр.: С. 100–103.

15. Easwarlal, C., Palanisamy, V. and Sanavullah, M.Y. Optimum Full Load Losses of a Transformer by Graphical Method [Текст]. / C. Easwarlal, V. Palanisamy, and M.Y. Sanavullah. International Journal of Electrical and Power Engineering. 2007, Volume 1, Issue: 3., Page 359-362.

16. Palanisamy Sivaprakash and Murugesan Sakthivel. A Comparative Study on Safety and Security Management Systems in Industries [Текст]. / American Journal of Environmental Sciences, Volume 6, Issue 6 Pages 548-552.

17. Ляпков, А.А. Техника защиты окружающей среды. [Текст] / А.А. Ляпков; Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2009. – 317 с.; Библиогр.: с. 300–317.

18. Ingrid, M. Saarem, P.E. OK Limits for Impact Events [Текст]. / M. Ingrid P/T/ Saarem, USA: GE Energy, Orbit, Vol.25, No.2, 2005. Pp. – 32-33.

19. Howard, B. Rod Load Calculations and Definitions for Reciprocating Compressor Monitoring. GE Energy [Текст]. / B. Howard ORBIT. 2008. Vol.28. No.1. Pp. – 28-31.

20. Приказ Ростехнадзора № 96 от 11.03.2013 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [Электронный ресурс].- URL : <http://docs.cntd.ru/document/499013213> (дата обращения: 25.03.2019).

21. Федеральный закон [Электронный ресурс] О техническом регулировании от 27.12.2002 №184.- URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40241/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/) (дата обращения: 25.03.2019).

22. Постановление Правительства РФ № 263 от 10.03.1999 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном

объекте» [Электронный ресурс].- URL : <https://base.garant.ru/12114758/> (дата обращения: 25.03.2019).

23. Приказ Ростехнадзора № 61 от 22.11.2013 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности подземных хранилищ газа» [Электронный ресурс].- URL : <http://docs.cntd.ru/document/499061810> (дата обращения: 25.03.2019).

24. Романов П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк, О.М. Массообменные процессы химической технологии: учебное пособие / П.Г. Романов, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк/ ХимИздат, Санкт Петербург, 2017. – 440 с.

25. Приказ Ростехнадзора [Электронный ресурс] Об утверждении Руководства по безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением от 26.12.2012 № 778.- URL : [http://www.ptb72.ru/upload/Prikaz\\_RTN\\_ot\\_26.12.12\\_\\_778.pdf](http://www.ptb72.ru/upload/Prikaz_RTN_ot_26.12.12__778.pdf) (дата обращения: 25.03.2019).

26. Приказ Ростехнадзора [Электронный ресурс] Об утверждении Руководства по безопасности «Рекомендации по оформлению и хранению документации, подтверждающей безопасность величины максимально разрешенного рабочего давления, при эксплуатации опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» от 02.06.2014 № 233- URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_246198/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_246198/)(дата обращения: 25.03.2019).

27. Бирман, Ю.А, Вурдова, Н.Г. Инженерная защита окружающей среды; очистка вод и утилизация отходов / Ю.А. Бирман, Н.Г. Вурдова / - Рос. акад. наук, Ин-т химии им. Н.Н. Семенова. – М: Наука, 2002. – 296, [3] с. ; 22 см. – Рез.: англ. – Библиогр.: С. 344–345.

28. Бирман, Ю.А, Вурдова, Н.Г. Инженерная защита окружающей среды; очистка вод и утилизация отходов/ Ю.А. Бирман, Н.Г. Вурдова ; Рос. акад. наук, Ин-т химии им. Н.Н. Семенова. – М: Наука, 2002. – 296, [3] с. ; 22 см. – Рез.: англ. – С. 344–345.

29. Акимова, Т.А., Кузьмин, А.П., Хаскин, В.В. Экология, Природа Человек-Техника / Т.А. Акимова, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин/ – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 384 с.
30. Эльтерман, В.М. Охрана воздушной среды на химических и нефтехимических предприятиях / В.М. Эльтерман/ М.: Химия, 1985. – 160 с.
31. Богушевская, К.К, Беспмятнов, Г.П. Термические методы обезвреживания отходов /Под ред. К.К. Богушевской, Г.П. Беспмятнова/- Л.: Химия, 1975. – 176 с. с. 344–345.
32. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 02.07.2013 № 41 «О техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» (вместе с «ТР ТС 032/2013. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением») [Электронный ресурс].-URL : <http://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=48244b529a31de0d3c12bce3da5bf110> (дата обращения: 25.04.2019).
33. Пат. 94025603 Российская Федерация, МПК *B03C 3/08* (1995.01) *B03C 3/12* (1995.01). Двухзонный электрофильтр для очистки газов/ Морозов В.С., Кривов С.А., Гуо Ц.; заявитель и патентообладатель Индивидуальное частное предприятие - Научно-внедренческая фирма «Эстэк»– № 94025603/26; заявл. 07.07.1994 ; опубл. 27.04.1996, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с. : ил [Электронный ресурс].- URL : <http://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=48244b529a31de0d3c12bce3da5bf110> (дата обращения: 25.03.2019).
34. Пат. 94031551 Российская Федерация, МПК *B03C 3/00* (1995.01) *B03C 3/12* (1995.01) *B03C 3/16* (1995.01). Способ очистки газов/ Чистяков Ю.Л.; заявитель и патентообладатель Чистяков Ю.Л. – №94031551/26; заявл. 29.08.94 ; опубл. 20.06.96, Бюл. № 10 (I ч.). – 2 с. : ил. [Электронный ресурс].- URL : [:http://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-](http://new.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-)



redirect=true&id=062b0dbfd44e2d79d028b594c501eee0 (дата обращения: 25.03.2019).

35. Пат. 2008138617 Российская Федерация, МПК C05C 1/02 (2006.01). Способ производства аммиачной селитры и фильтрующий элемент для тонкой очистки паровоздушной смеси перед сбросом в атмосферу от аммиачной селитры и аммиака/ Копиевский И.В., Ферд М.Л., Дрибинская А.Б. ; заявитель и патентообладатель Копивеский И.В., Федорова Е.М. – № 2008138617/15 ; заявл. 30.09.2008 ; опубл 10.04.2010, Бюл. № 6 (II ч.). – 1 с. : ил. [Электронный ресурс].-URL : [http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-](http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=24bef797851971c1dc12ee7683c367cd)

redirect=true&id=24bef797851971c1dc12ee7683c367cd (дата обращения: 25.03.2019).

36. Олевский, В.М. Производство аммиачной селитры в агрегатах большой единичной мощности [Текст]./В.М. Олевский ; Рос. акад. наук, Ин-т химической им. И.И. Росова. – М: Наука, 2010. – 320, [1] с. ; 22 см. – Рез.: англ. – Библиогр.: с. 344–345. – 400 экз. – ISBN 5-12-256358-9.

37. Пат. 2163513 Российская Федерация, МПК B03C 3/08 (2000.01). Способ очистки газа от пыли и устройство для его осуществления/ Чистяков Ю.Л.; заявитель и патентообладатель Чистяков Ю.Л. – № 99124838/12; заявл. 24.11.1999 ; опубл 24.11.1999, Бюл. № 3 (I ч.). – 2 с. : ил. [Электронный ресурс].- URL : [http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-](http://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=1e5cd842fec71d91478759637687d034)

redirect=true&id=1e5cd842fec71d91478759637687d034 (дата обращения: 25.03.2019).

38. Аширов, А.А, Родионов, А.Ю, Ляпин, О.В, Ионнообменная очистка сточных и грунтовых вод, химических растворов и промышленных газов/ А.А. Аширов, А.Ю. Родионов, О.В. Ляпин / – Л.: Химия, 1983. – 295 с.

39. Приказ Ростехнадзора № 61 от 22.11.2013 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности подземных хранилищ газа» [Электронный ресурс].- URL : <http://docs.cntd.ru/document/499061810> (дата обращения: 25.03.2019).

40. Романов П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк, О.М. Массообменные процессы химической технологии: учебное пособие / П.Г. Романов, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк/ ХимИздат, Санкт Петербург, 2017. – 440 с.
41. Приказ Ростехнадзора [Электронный ресурс] Об утверждении Руководства по безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением от 26.12.2012 № 778.- URL : [http://www.ptb72.ru/upload/Prikaz\\_RTN\\_ot\\_26.12.12\\_\\_778.pdf](http://www.ptb72.ru/upload/Prikaz_RTN_ot_26.12.12__778.pdf) (дата обращения: 25.03.2019).
42. Приказ Ростехнадзора [Электронный ресурс] Об утверждении Руководства по безопасности «Рекомендации по оформлению и хранению документации, подтверждающей безопасность величины максимально разрешенного рабочего давления, при эксплуатации опасных производственных объектов магистральных трубопроводов» от 02.06.2014 № 233- URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_246198/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_246198/)(дата обращения: 25.03.2019).
43. Бирман, Ю.А, Вурдова, Н.Г. Инженерная защита окружающей среды; очистка вод и утилизация отходов / Ю.А. Бирман, Н.Г. Вурдова / - Рос. акад. наук, Ин-т химии им. Н.Н. Семенова. – М: Наука, 2002. – 296, [3] с. ; 22 см. – Рез.: англ. – Библиогр.: С. 344–345.