

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

Институт химии и инженерной экологии

(наименование института полностью)

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

(наименование кафедры полностью)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему **Разработка технологии переработки конденсата сокового пара в  
производстве аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот»**

Студент	А.В. Алешечкин _____	(И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	Е.П. Загорская _____	(И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	В.В. Петрова _____	(И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.п.н., доцент, М. В. Кравцова

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

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Объектом бакалаврской работы была технология получения аммиачной селитры и технология обессоливания конденсата сокового пара.

Цель работы – снижение солесодержания в конденсате сокового пара (КСП) для получения вторичных материальных ресурсов в виде аммиачной селитры и уменьшении концентрации азота аммонийного в сточных водах.

Задачи:

1. Проанализировать процесс получения и свойства аммиачной селитры;
2. Проанализировать процесс получения опресненного потока - дилюата и дальнейшего его использования в подпитке водооборотного цикла;
3. Проанализировать получение рассольного потока –концентрата;
4. Предложить техническое решение по замене фильтров;

Актуальность работы заключается в предложенной технологии возврата рассола продукта  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  в процессе производства аммиачной селитры. Предложенная технология позволяет уменьшить концентрацию продукта в сточных водах, направляемых на биологические очистные сооружения предприятия.

В работе предложена замена фильтров, применяемых для очистки конденсата сокового пара от механических примесей.

Бакалаврская работа содержит 4 раздела с подразделами, информация представлена в 6 таблицах, 4 рисунках. Литературных источников 30. Работа выполнена на 63 страницах.

В разделе 1 дана подробная характеристика объекта ПАО «КуйбышевАзот». Показано, что предприятие является лидером отечественного производства удобрений, в частности, аммиачной селитры. Также представлены сведения о мероприятиях по охране окружающей среды. На предприятии выполняются международные требования ИСО 1400 в

области снижения выбросов в атмосферу и сбросу неочищенных сточных вод в поверхностные водные объекты. Показано, что на предприятии постоянно проводятся работы по модернизации существующих устаревших технологий, аппаратов и другого оборудования.

В разделе 2 приводится характеристика свойств, физико-химические свойства селитры аммиачной. Подробно описан технологический процесс получения аммиачной селитры. Приведены сведения по улучшению свойств удобрения. Так, для уменьшения слеживаемости в селитру добавляют вещества, препятствующие этому процессу: вводят сульфатную, сульфатно-фосфатную добавки, а также каустический магнезит. Из перечисленных добавок наиболее применим каустический магнезит. Для уменьшения влияния гигроскопичности селитры на ее слеживаемость наиболее эффективной мерой является упаковка продукта в герметичную тару – полипропиленовые мешки, мягкие контейнеры. Уменьшение слеживаемости достигается снижением влаги в готовом продукте и охлаждением его до температуры не выше 50 °С. Представлена характеристика метода получения аммиачной селитры. 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.

В третьем разделе рассматриваются вопросы внедрения ряда усовершенствований, позволяющих сократить капитальные затраты на ведение технологического процесса новых установок и уменьшения себестоимость готового продукта. Одним из таких усовершенствований является внедрение электродиализной установки. Основной акцент сделан на технологии извлечение вторичных материальных ресурсов из жидких продуктов, производства аммиачной селитры. В разделе представлена технологическая схема узла охлаждения КСП, проходящая в III ступени. Подробно описан процесс сбора фильтрата. Также представлена технологическая схема установки по переработки КСП. В технологическом

процессе происходит концентрирование стоков на установке ED-II и предварительное обессоливание, и концентрирование на установке EDR-III.

В четвертом разделе проанализированы и предложены инженерно-технические мероприятия по замене патронных фильтров на рукавные для повышения качества очистки конденсата сокового пара. Кроме этого указаны регламентированные нормы допустимого сброса и допустимое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Общая характеристика производства.....	9
ПАО «КуйбышевАзот».....	9
1.1 Расположение и техническое развитие ПАО «КуйбышевАзот» .....	9
1.2 Сведения о модернизации технологического процесса получения аммиачной селитры в цехе №3 .....	14
2 Технологический раздел.....	17
2.1 Характеристика, свойства аммиачной селитры .....	18
2.2 Аналитический обзор технологии получения аммиачной селитры, свойств и качества получаемого продукта .....	22
3 Описание технологического процесса и технологической схемы установки переработки конденсата сокового пара .....	27
3.1 Описание технологической схемы узла охлаждения КСП.....	28
3.2 Описание технологической схемы установки по переработки КСП.....	33
3.3 Анализ сточных вод и выбросов в атмосферу цеха № 3.....	45
4 Модернизация технологической схемы переработки конденсата сокового пара .....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	59

## ВВЕДЕНИЕ

Тема бакалаврской работы «Разработка технологии переработки конденсата сокового пара в производстве аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот».

Бакалаврская работа включает описание технологического процесса получения азотного удобрения – аммиачной селитры на предприятии ПАО «КуйбышевАзот» в цехе № 3. Основное внимание в работе уделено образованию конденсата сокового пара в технологическом процессе, техническим способам уменьшения его объема, а также возврат ценных компонентов из конденсата сокового пара во вторичный оборот.

В технологическом процессе получения продукта (аммиачной селитры) используется вода для получения водного раствора, который на следующих стадиях нейтрализуется азотной кислотой (неконцентрированной) газообразным аммиаком. На следующих стадиях технологического процесса продукт подвергается упариванию и гранулированию в специальных башнях.

В процессе получения селитры аммиачной образуется конденсат сокового пара (КСП). В целях сокращения количества продукта в сточных водах, предложено техническое решение, заключающееся в установке электродиализной установки. На установке методом прохождения КСП через мембраны происходит получение обессоленной воды (продукт №1 - дилуат), применяемой в качестве подпиточной воды на ВОЦ-6, Второй продукт процесса (№2 – фильтрат) - концентрат раствора нитрат аммония возвращается в производство аммиачной селитры для получения готового продукта  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Применение электродиализной установки позволяет не только увеличить получение продукта  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , но и снизить концентрацию азотных соединений в КСП, тем самым снижается нагрузка на очистные сооружения и повышается качество очистки сточных вод от загрязнения.

Азотные удобрения относятся к наиболее ценным и широкоприменяемым среди минеральных туков. Азотные минеральные удобрения применяются в агропромышленном комплексе в твердом и жидком видах.

В настоящее время широкое применение минеральных удобрений позволило увеличить плодородие почв и получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Известкование и внесение органических удобрений снижают поступление в сельскохозяйственные культуры тяжёлых металлов, их воздействие снижается при нейтрализации почв.

По форме азота твердые азотные удобрения подразделяются на:

- аммонийные ( $\text{NH}_4$ ): сульфат аммония, хлорид аммония; аммонийно-нитратные ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ): аммиачная селитра, сульфат-нитрат аммония;
- нитратные ( $\text{NO}_3$ ): нитрат натрия (натриевая селитра), нитрат кальция (кальциевая селитра);
- амидные ( $\text{NH}_2$ ): карбамид (мочевина), цианамид кальция.

Из жидких азотных удобрений достаточно широкое применение находят аммиачные ( $\text{NH}_3$ ). Весь азот содержится в виде аммиака: водного или безводного. Внесение минеральных и органических удобрений пополняет запасы азота, фосфора и калия, повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Уменьшение в почве органического вещества и основных питательных элементов негативно отражается на продуктивности и экономической эффективности сельскохозяйственного производства. «В настоящее время 31 % пахотных земель имеют повышенную кислотность, 52 % - низкое содержание гумуса, 22 % - недостаток фосфора и 9 % - недостаток калия [35].

Аммиачная селитра – ценное азотное удобрение. как высококачественное удобрение аммиачная селитра является одним из наиболее важным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В качестве важнейшей остается и задача повышения эффективности минеральных удобрений. Отмечая исключительно важную роль азотных

удобрений в увеличении продуктов питания для человека и кормов для животных, улучшении качества продукции, в повышении эффективности сельскохозяйственного сектора, необходимо отметить, что химические средства при неправильном их использовании оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду.

Основными причинами загрязнения окружающей среды удобрениями считаются:

- несовершенство организационных форм и технологий транспортировки, хранения, тукосмешений;
- нарушение агрономической технологии внесения удобрений;
- несовершенство самих удобрений, их химических, физических и механических свойств.

Неблагоприятное влияние удобрений на окружающую природную среду, на агроценозы различное. К ним относятся: загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод; эвтрофикация водоемов; уплотнение почв; ухудшение круговорота и баланса питательных веществ, агрохимических свойств и плодородия почвы; ухудшение фитосанитарного состояния посевов и развитие заболеваний растений; снижение продуктивности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции и другие факторы.



# **1 Общая характеристика производства ПАО «КуйбышевАзот»**

## **1.1 Расположение и техническое развитие ПАО «КуйбышевАзот»**

ПАО «КуйбышевАзот» находится в г. Тольятти Самарской области. Датой основания предприятия принято считать 1963 год.

Площадка предприятия располагается в составе предприятий Северного промышленного узла Центрального района г. Тольятти. Северный промышленный узел г. Тольятти включает предприятия: ООО «Химзавод», ПАО «КуйбышевАзот», ОАО «ВТГК» Филиал «Тольяттинская ТЭЦ», ООО «Тольяттикаучук», ОАО «Волгоцеммаш», ООО «Тольяттинский Трансформатор», ОАО «ТЗТО».

Площадь территории основной промплощадки - 283,18 га, санитарно-защитной зоны (СЗЗ) – 3,32 га.

Предприятие ПАО «КуйбышевАзот» в российской химической отрасли занимает одно из ведущих мест, осуществляя свою деятельность по нескольким направлениям. По оценкам экспертов оно входит в первую десятку предприятий азотной промышленности. Предприятие выпускает капролактамы и продукты его переработки, в которые входят гранулы полиамид-6 (ПА-6), высокопрочные технические текстильные нити, кордная ткань, инженерные пластики. Значимым направлением является производство аммиака и аммиачной воды, азотных удобрений: карбамида, аммиачной селитры, КАС. Запущено производство капролактама, циклогексана, циклогексанона, ГАС, сульфата аммония. Кроме этих продуктов предприятие наладило выпуск промышленных газов: азота, кислорода, аргона, водорода.

Предприятие постоянно модернизирует действующие производства основных продуктов и увеличивает объемы их реализации. Вводятся новые производства совместно с иностранными партнерами. На развитие предприятия, техническое перевооружение и строительство новых

производств в 2017 г. было направлено 8,2 млрд. руб, в том числе на техническое перевооружение -6 млрд. руб.

Так, «за период 2000-2017 гг. объем реализации вырос с 4473 млн. руб. до 43013 млн. руб. то есть составил 861%. Объемы производства капролактама выросли с 105тыс.тонн в 2000 г. до 194,5 тыс. тонн в 2017 г., что составило 85%.аммиачный селитры выработано 299,8 тыс. тонн в 2000 г, и 615,7 тыс. тонн в 2017 г., прирост вырос до 105%. производство карбамида увеличилось с 192,3 тыс. тонн в 2000 г., до 309,5 тыс. тонн в 2017 г., (прирост 61%), выпуск аммиака увеличился и составил в 2017 г 880,4 тыс. тонн по сравнению с 2000г. 530,6 тыс. тонн (66%). предприятие наладило выпуск новых продуктов. Так, производство полиамида-6 в 2017 г. составило 147,2 тыс. тонн, технической нити – 26,4 тыс. тонн, кордной ткани – 8,5 тыс.т онн» [16].

«На территории предприятия расположены:

- основные производственные цеха (те которые непосредственно заняты изготовлением, какого либо химического продукта);
- вспомогательные цеха (к ним относятся транспортный, ремонтно-механический цеха, комбинат питания, пожарная часть, медсанчасть и др.)
- административные цеха»

Производимая продукция ПАО «КуйбышевАзот» включает

Капролактама. Применение: производство синтетических волокон, полиамидных смол и инженерных пластиков «характеристика - перманганатное число не менее 10000,перманганатный индекс 4,содержание летучих оснований - не более 0,4 ммоль/кг; t кристаллизации - не менее 68,8°C» [22].

Сульфат аммония. Применение: в качестве азотного удобрения •.

Карбамид. Удобрение необходимо в производстве пластмасс, клеев, смол, в сельском хозяйстве в качестве удобрения и в животноводстве •

Аммиак жидкий технический. Применение: Для производства азотной кислоты, карбамида, аммиачной селитры, сложных минеральных удобрений, в качестве удобрения, а также в холодильной технике •

Удобрения жидкие азотные (КАС) по «ТУ 113-03-629-90, с массовой долей азота 28%, 30%, 32%» [26].

Циклогексанон технический. Применяется в реакции органического синтеза, в качестве растворителя.

Циклогексан технический. Применение: Для производства изомеров для химических волокон и в качестве растворителя.

Капролон В. Используется как конструкционный материал при изготовлении деталей машиностроения.

Полиамид-6. Необходим для производства конструкционных пластиков, пищевых пленок, текстильной, технической нити и нити для кордных тканей.

«Полиамид-6 вторичный, производимый по ТУ 6-13-3-88, со свойствами: относительная вязкость 2,4-3,4, массовая доля экстрагируемых веществ не более 3%, массовая доля влаги не более 3%. Продукт применяется для производства конструкционных и литевых деталей неответственного назначения» [27].

Высокопрочная техническая нить для производства кордной ткани и резино-технических изделий.

Кордная ткань, используется в качестве армирующего материала в шинной промышленности.

Аргон жидкий, используемый при сварке, резке и плавке металлов, при рафинировании металлов в металлургии.

Аммиак водный технический, применяемый в сельском хозяйстве как азотное удобрение, с массовой долей аммиака не менее 25%.

Масло ПОД очищенное, применяемое как сырье для лакокрасочной промышленности, синтетических смол.

Ингибитор коррозии для защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии.

Щелочной сток производства капролактама, применяемый в качестве компонента бетонных смесей, керамзита, гипса, при обработке угля, руды, песка для предотвращения смерзания и пыления.

Растворитель СФПК. Применение: Сырье для производства ингибиторов коррозии, растворителей.

Кислород технический жидкий и газообразный, применяемый в технических целях.

Азот. Жидкий. Газообразный. Применение: Для создания инертной атмосферы при производстве, хранении и транспортировании легко окисляемых продуктов, при высокотемпературных процессах обработки металлов, как хладагент •.

Анализ основных показателей развития предприятия показывает большой объем ввода до проектной мощности производств:

- по выпуску аммиака и линии азотной кислоты (универсальной комплексной линии – УКЛ);
- полиамида и компактированного сульфата аммония;
- олеума и улучшенной серной кислоты
- универсальной комплектной линии (УКЛ №2) азотной кислоты.
- внедрен 1-й этап безгазгольдерной схемы производства слабой азотной кислоты
- увеличения мощности производства капролактама до 260 тысяч тонн.

Большое внимание на предприятии уделяется экологизации производства.

В течение последних лет на ПАО «КуйбышевАзот» проводится продуманная экологическая политика, обеспечивающая устойчивое снижение выбросов вредных веществ в атмосферу и сброса сточных вод от производства.

В рамках проведения природоохранных мероприятий проведены работы по модернизации производства слабой азотной кислоты. За счет этого сократились выбросы оксидов азота на 60 т/год. Устранен слив бензола, что позволило снизить выброс бензола в атмосферу до 1 т/год.

Для снижения выбросов в атмосферу введен в работу агрегат сжигания жидких отходов производства капролактама. Это предотвращает выбросы пыли соды на 3 т/год, оксидов азота на 1,5 т/год, оксида углерода на 6,0 т/год. Для снижения выбросов в атмосферу на производстве аммиачной селитры предполагается введение установки конденсации паров после скрубберов-нейтрализаторов.

Таким образом, будет реализован проект по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на ОАО «КуйбышевАзот», что составит 71,5 т/год. Ожидаемый результат от реализации экологических мероприятий будет заключаться в уменьшении выбросов оксидов азота до 61,5 т/год (в том числе NO<sub>2</sub> – 49,2 т/год), выбросов бензола до 1,0 т/год, выбросы пыли соды должны сократиться до 3,0 т/год, а оксида углерода до 6,0 т/год.

На ПАО «КуйбышевАзот» ведется систематическая работа по сокращению загрязнения сточных вод и общих объемов водопотребления и водоотведения, экологическим проектам. В настоящее время ведутся строительные работы по модернизации регулирующей емкости «Копань» по очистке сточных вод не только ПАО «КуйбышевАзот», но и предприятий Северного промышленного узла, что позволит намного снизить антропогенную нагрузку на водные объекты Самарского региона. Производство постоянно модернизируется и совершенствуется согласно требованиям технического контроля, наилучшим доступным технологиям.

## 1.2 Сведения о модернизации технологического процесса

### получения аммиачной селитры в цехе №3

Цех по производству аммиачной селитры был пущен в 1965 г. В 1988 г. в цехе по получению аммиачной селитры было налажено производство жидкого комплексного удобрения КАС. Мощности на новом производстве возрастали и в 1994 г. установка производила удобрений до 200 тыс. тонн. в год.

В соответствии с политикой предприятия по улучшению качества выпускаемого продукта проводится постоянная модернизация действующих цехов. Так, в период с 1968 по 1972 гг. были проведены следующие работы «смонтирована скрубберная установка мощностью 100 тыс. тонн в год по переработке газов дистилляции цеха карбамида с получением 100% аммиачной селитры. При производстве работ увеличилась переработка 4000 нм<sup>3</sup>/ч отходящих газов карбамида с содержанием аммиака не менее 80,8 % об.» [16].

В этот период было реконструировано производство аммиачной селитры с целью повышения качества продукта: произведена:

- замена горизонтальных выпарных аппаратов II ступени вертикальными с установкой доупарочных аппаратов;
- замена одного «кипящего слоя» двойным «кипящим слоем».

Реконструкция направлена на снижение температуры готового продукта. Реконструкция проводилась на двух грануляционных башнях. При этом достигалось снижение температуры готового продукта.

В производстве аммиачной селитры отмечается высокие объемы образования сточных вод и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Для снижения антропогенного воздействия были предложены и реализованы следующие мероприятия:

- установка новых ловушек после аппаратов ИТН;

- реконструкция выпарных аппаратов I степени с заменой существующего сепаратора сепаратором новой конструкции;
- в отделении грануляции установка сепараторов II степени новой конструкции с промывкой сокового пара;
- установка дополнительной одной емкости 25 м<sup>3</sup> и насосов к ней для конденсата сокового пара;
- установка поверхностного конденсатора для конденсации сокового пара после продувки выпарных аппаратов I степени, расширителей раствора, аппаратов ИТН, сборников раствора.

В течение следующего периода работы были направлены на повышение качества аммиачной селитры. Так, для устранения слеживаемости продукта в технологический процесс внесли предложение о использовании азотнокислого раствора магнезита в качестве антислеживающей добавки [6,7].

В 2004 г. после нескольких экспериментальных пусков на предприятии было запущено производство известково-аммиачной селитры. Известково-аммиачную селитру используют в агропромышленном комплексе как удобрение, предотвращающее почву от закисления. Во время проведения экспериментов были изучены свойства различных добавок. К числу добавок отнесли доломит и магнезит, что позволило получить продукт с заданными улучшенными свойствами.

Известково-аммиачная селитра (ИАС) по некоторым свойствам превосходит аммиачную селитру [12]. Так, ИАС не закисляет почву и не взрывоопасна, она менее гигроскопична по отношению к аммиачной селитре. Для снижения гигроскопичности аммиачной селитры на предприятии был разработан метод внесения природных магнезитов для повышения качества удобрений.

Технологический процесс производства аммиачной селитры и КАС постоянно модифицируется. Так, была введена в действие установка для

переработки конденсата сокового пара, что позволило из жидких отходов производства получать готовый продукт [2]. Для снижения температуры КСП был введен в эксплуатацию узел охлаждения КСП, таким образом происходит снижение температуры конденсата.



## 2 Технологический раздел

Азоту принадлежит особая роль не только в круговороте веществ в биосфере, он важнейший элемент в трофической цепи растений. Белки, нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, хлорофилл, фосфатиды имеют в своем составе азот [3]. Эти вещества играют огромную роль в обмене веществ в клетках растений. Азот входит в состав ферментов, играет роль катализатора в метаболизме растений.

О значении азота приведем слова академика Д.Н. Прянишникова: «Усвояемый азот почвы, если не принимать особых мер, увеличивающих его содержание, в настоящее время является на земле главным ограничивающим фактором жизни» [17, 24].

Под сельскохозяйственные культуры вносят различное количество азотных удобрений в зависимости от типа почв. Одно из ценных азотных удобрений – аммиачная селитра, она не подкисляет почву как сульфат аммония, и это свойство используется в агропромышленном комплексе. Более 50% азотных удобрений содержит азот. По сравнению с другими азотными удобрениями (карбамид -  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  содержит 46% азота, сульфат аммония -  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 21%, известково-аммиачная селитра – 20,5%, натриевая селитра –  $\text{NaNO}_3$  – 16,2%, кальциевая селитра –  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  -14,0-16,5%, калиевая селитра –  $\text{KNO}_3$  – 13,8%) аммиачная селитра содержит 34-34,5% азота. Её применяют на всех типах почв и под все сельскохозяйственные культуры. Тем самым имеет преимущества в отличие от других удобрений.

Содержание  $\text{N}_2$  (в %) в различных азотных удобрениях распределяется следующим образом: сульфат аммония -21,1, Селитра аммиачная - 34,4, карбамид – 46. Аммонийный азот, входящий в состав аммиачной селитры и участвующий в синтезе белка, достаточно быстро усваивается растениями. По сравнению с азотом аммонийной формы нитратный азот усваивается

относительно медленно, поэтому действует более продолжительное время [25].

Преимущества производства аммиачной селитры заключаются в несложном способе ее получения, и это обстоятельство указывает на большие перспективы расширения производства аммиачной селитры.

## **2.1 Характеристика, свойства аммиачной селитры**

Формула аммиачной селитры  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , соль. Впервые это соединение было получено в 1659 г. [3].

В соответствии с государственным стандартом «в зависимости от назначения селитру выпускают двух марок:

- А - для промышленности;
- Б - для сельского хозяйства.

Допускается применение для промышленных целей селитры марки Б» [6].

По физическим свойствам представляет собой кристаллическое вещество белого цвета. В воде селитра аммиачная растворяется хорошо. При повышении температуры ее растворимость увеличивается. Растворимость в воде высокая, в процессе растворения повышается температура раствора. При повышении температуры увеличивается растворимость. Так, при  $t^{\circ}\text{C } 0^{\circ}$  растворимость составляет 119 г/100мл, а при  $t^{\circ}\text{C } 100^{\circ}\text{C}$  – растворимость достигает 1024 г/100мл. В процессе растворения происходит поглощение тепла, поэтому процесс идет при нагревании. Это вещество хорошо растворяется в аммиаке, метаноле, этаноле. В зависимости от температуры меняется кристаллическое состояние вещества. Так, при температуре выше  $169,6^{\circ}\text{C}$  вещество представляет жидкость, при температуре в диапазоне  $169,6 - 125,2^{\circ}\text{C}$ , вещество переходит в кристаллическую форму. Установлено, что в «соли нитрата аммония содержится кислорода – 61%, азота – 35%, водорода – 5%» [21]. Данные, характеризующие физико-химические свойства селитры аммиачной представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-химические свойства селитры аммиачной

Характеристика свойств аммиачной селитры	Показатели
Молекулярный вес	80,043
Плотность при 20 °С для сплошного кристалла	1,690-1,725 г/см <sup>3</sup>
Насыпная плотность свободнаасыпанных гранул (влажность 1 %, 20 °С, частицы 1-2 мм)	0,826 г/см <sup>3</sup>
Насыпная плотность при плотной упаковке частиц	1,16 г/см <sup>3</sup>
Удельная теплоемкость при 10 °С при 100 °С	0,398 ккал/(кг•град) 0,428 ккал/(кг•град)
Температура плавления	169,9 °С для сухой селитры
Температура разложения веществ (при 18 °С и 1 кгс/см <sup>2</sup> )	около 200°С
Теплота плавления	16,2 ккал/кг
Теплота образования из простых веществ	87,2 ккал/моль
Теплота растворения 64%-го раствора (при температуре 18 °С)	3730 ккал/моль
Теплота растворения 30 %-го раствора (при температуре 18 °С)	5000 ккал/моль
Коэффициент теплопроводности (при 0-100 °С)	0,205 ккал/(моль•град)

Отрицательным свойством аммиачной селитры является ее способность слеживаться. Как показали исследования «при хранении аммиачная селитра теряет сыпучесть. Потеря рассыпчатости превращает продукт в твердую однородную массу, не поддающуюся измельчению. Продукт сильно слеживается в случае нарушения требований к хранению, так как повышение температуры окружающего воздуха воздействует на

гранулы селитры, и она полностью теряет свою прочность» [20]. Согласно техническим условиям «рассыпчатость аммиачной селитры марок А и Б должна быть не менее 100%» [6].

В производстве аммиачная селитра выпускается в виде частиц округлой формы (гранул), пластинок или мелких кристаллов. Гранулированная аммиачная селитра имеют меньшую удельную поверхность и более правильную форму, поэтому гранулы меньше слеживаются. Наиболее правильную форму имеют шаровидные гранулы.

Гранулирование аммиачной селитры приводит к снижению скорости поглощения влаги солью из воздуха.

Существует несколько модификаций получения гранулированной аммиачной селитры. Так, исследователи предложили способ получения продукта при котором «обеспечивается возможность повторного использования воздухосодержащих потоков в технологическом процессе и перевод производства гранулированной аммиачной селитры на замкнутый цикл по воздуху, что исключает выбросы в атмосферу» [14].

Для уменьшения слеживаемости в селитру добавляют вещества, препятствующие этому процессу: вводят сульфатную, сульфатно-фосфатную добавки, а также каустический магнезит. Из перечисленных добавок наиболее применим каустический магнезит [9].

Для уменьшения влияния гигроскопичности селитры на ее слеживаемость наиболее эффективной мерой является упаковка продукта в герметичную тару – полипропиленовые мешки, мягкие контейнеры. Уменьшение слеживаемости достигается снижением влаги в готовом продукте и охлаждением его до температуры не выше 50 °С.

В продукте не содержится токсичных веществ, что указывает на высокую степень применения в сельском хозяйстве.

По степени воздействия на организм человека селитра относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности) по [5]. Согласно техническим условиям «предельно допустимая концентрация (ПДК) в

воздухе рабочей зоны гигиеническими нормами не установлена, рекомендуемая концентрация - 10 мг/м.» [5].

Аммиачная селитра проявляет свойства окислителя. Она при определенных условиях пожароопасна. Пожаровзрывоопасные характеристики селитры проявляются при: температуре самовоспламенения - 350 °С, нижним концентрационным пределе распространения пламени - 175 г/м.

При взаимодействии оксидов азота и селитры выделяются кислород и аммиак, что может привести к пожару или взрыву, это происходит при температурных условиях  $t \geq 210^\circ\text{C}$ . В таких условиях селитра разлагается на оксиды азота и пары воды.

Установлена предельно допустимая концентрация (ПДК) селитры в атмосферном воздухе населенных мест (среднесуточная), она составляет - 0,3 мг/м<sup>3</sup>. В этом случае продукт относится к IV классу опасности. Совсем другие показатели ПДК аммоний-иона (по азоту) установлены для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования - 1,5 мг/дм<sup>3</sup> (IV класс опасности), нитратов (по NO<sub>3</sub>) - 45 мг/дм<sup>3</sup> (III класс опасности).

Для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, ПДК аммоний-иона составляет 0,5 мг/дм<sup>3</sup> (IV класс опасности), нитрат-иона - 40 мг/дм.

Предельно допустимая концентрация селитры (по аммоний-иону) для морских водоемов - 2,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Согласно техническим условиям «установлена предельно допустимая концентрация нитратов в почве. ПДК составляет 130 мг/кг»

По техническим условиям «в производстве аммиачной селитры используется пресная вода в различных аппаратах для промывки. Имеется вероятность пролива продукта, который откачивают в специальные дренажные емкости. Промывные воды после промывки оборудования и коммуникаций должны быть направлены на биоочистные сооружения» [7].

## 2.2 Аналитический обзор технологии получения аммиачной селитры, свойств и качества получаемого продукта

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 [1]. Для получения аммиачной селитры применяют 45 – 58% азотную кислоту.

Сырьем для получения аммиачной селитры служат:

- аммиак газообразный
- газы дистилляции
- кислота азотная неконцентрированная, с различными значениями массовой доли от 46% до 57%;
- порошок кальцинированный молотый (магнезит) или брусит молотый 100-300 мкм
- антислеживающая добавка марки Flotigam V 4900

В технологическом процессе используют пар технологический давлением 13 кгс/см<sup>2</sup> и 20 кгс/см<sup>2</sup>, а также охлаждающую воду, поступающую с водооборотного цикла (ВОЦ-6).

В технологическом процессе получают побочные продукты:

- селитра аммиачная - продукт с разрушенными и/или слежавшимися гранулами с посторонними механическими примесями, но не загрязненный органическими веществами;
- очищенная сточная вода (дилуат). Подаётся в «горячую камеру» ВОЦ 6 для подпитки. Бесцветная прозрачная жидкость. Общее солесодержание, не более 40 мг/дм<sup>3</sup>;
- водный раствор аммиачной селитры (концентрат) Подаётся в сборник поз 18/2 цеха №3 для дальнейшего упаривания и переработки Жидкость слегка белого цвета. Общее солесодержание, не менее 120 г/дм<sup>3</sup>, рН 1,1-8,0.

Процесс получения селитры аммиачной идет по реакции нейтрализации азотной кислоты аммиаком:



Кислота азотная неконцентрированная с концентрацией не менее 46 % подается со склада азотной кислоты цеха № 5 в напорный бак.

Процесс нейтрализации азотной кислоты ведется газообразным аммиаком. Газообразный аммиак поступает из общезаводской сети под давлением 0,15-0,30 МПа (1,5-3,0 кгс/см<sup>2</sup>).

Аммиак поступает в аппарат использования тепла нейтрализации (ИТН), в это аппарат поступает азотная кислота. Азотная кислота и аммиак подаются в нейтрализационную часть ИТН противотоком по трубопроводам, на концах которых имеются распределительные устройства – кислотный и аммиачный барботеры. Барботеры позволяют создавать в аппарате наибольшую поверхность контакта между жидкостью и газом. В циркуляционно-испарительной части аппарата ИТН из раствора дополнительно выделяются соковые пары [28]. В производстве аммиачной селитры получается конденсат сокового пара. Метод переработки конденсата сокового пара (КСП) основан на концентрировании раствора аммиачной селитры на электродиализных установках. Процесс получения селитры аммиачной многостадийный. Согласно стандартам «на первой стадии процесса происходит получение раствора нитрата магния. Далее идет процесс нейтрализации азотной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) газообразным аммиаком или аммиаком (NH<sub>4</sub>). Аммиак содержится в газах дистилляции производства карбамида в двух аппаратах использования тепла нейтрализации (ИТН) и двух скрубберных установках. При этом проводят предварительное упаривание раствора в выпарных аппаратах» [12]. Кроме газообразного аммиака для получения селитры аммиачной используются газы дистилляции производства карбамида. На химических предприятиях по выпуску азотных удобрений применяется только метод получения аммиачной селитры из синтетического аммиака или аммиакосодержащих газов и разбавленной

азотной кислоты [2]. Были предложены другие способы получения аммиачной селитры из аммиака, окислов азота, кислорода и паров воды по реакции



Но в этом случае образуется неустойчивое и взрывоопасное вещество – нитрит аммония, поэтому этот способ в промышленности не применяется.

Раствор селитры аммиачной, полученный в результате процесса нейтрализации, упаривается в выпарном аппарате до концентрации 78-86 % за счет тепла конденсации сокового пара. Процесс упаривания проходит под вакуумом не менее 500 мм.рт.ст., это позволяет использовать тепло конденсации сокового пара, так как температура кипения щелоков в вакууме составляет 85-95 °С [29]. В производстве получения аммиачной селитры образуются отходы. Далее процесс протекает по следующей схеме (рисунок 1).

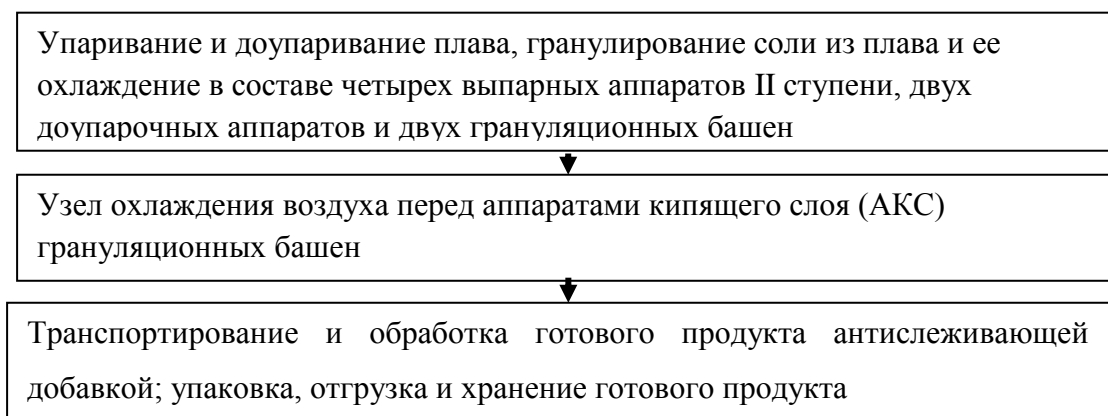


Рисунок 1 – Схема технологических стадий в процессе получения селитры аммиачной

Одним из таких отходов является конденсат сокового пара. Соковый пар, образующийся в вакуум–испарителе, проходит промыватель сокового пара, где частично отмывается от азотной кислоты и селитры аммиачной образующимся конденсатом сокового пара. Образующийся при этой операции раствор направляется в сборник–гидрозатвор. Соковый пар после промывателя поступает в поверхностный конденсатор, где конденсируется.



Конденсаторы представляют собой кожухотрубные горизонтальные теплообменники: в трубном пространстве циркулирует обратная вода, в межтрубном – соковый пар.

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

КСП содержит соединения азота, эти вещества попадают в сточные воды. Применяя некоторые методы очистки КСП от соединений азота, можно дополнительно получать несколько тонн удобрений в сутки, так называемых вторичных материальных ресурсов (ВМР). С другой стороны, в сточных водах производства аммиачной селитры содержатся некоторые загрязнители, которые выступают как жидкие отходы производства. Извлечение соединений азота и других побочных продуктов из КСП позволяет снижать концентрации загрязняющих веществ, подающихся на очистные сооружения.

В технологическом процессе получения аммиачной селитры предусмотрен узел переработки конденсата сокового пара (КСП) с охлаждением.

Исследование энергетических ресурсов цех получения аммиачной селитры

При производстве аммиачной селитры одним из главных энергоресурсов является водяной пар и возврат конденсата сокового пара в заводскую сеть. Водяной пар является одним из основных теплоносителей в теплообменных аппаратах.

Так как на протяжении всего времени работы цеха, не проводилась модернизация оборудования связанного с паром. Производственная мощность аммиачной селитры составляла 352 тыс.т/год, а к 2016 году она составила 612 тыс.т/год. Выпуск аммиачной селитры вырос практически в два раза, соответственно увеличилось потребление пара и возврат конденсата сокового пара. Как видно из таблицы 4 расход водяного пара на тонну

аммиачной селитры не стабилен и в основном превышает нормативные показатели.

В таблице 2 представлен количественный химический анализ конденсата сокового пара.

Снижение характеристик пара достигаются за счет того, что частично добавляется конденсат сокового пара, который образуется после теплообменных процессов в аппаратах. В связи с тем, что все измерительные приборы и регулирующее оборудование не изменялись практически с момента пуска цеха, достичь точной регулировки насыщения пара практически не возможно.

Для достижения эффективности и экономии, таких энергоресурсов как пар и конденсат сокового пара, необходимо внедрить более точные измерительные приборы и регулирующие оборудование.

При снижении потребления водяного пара соответственно снизится себестоимость выпускаемой продукции.

Таблица 2 – Расход пара и конденсата сокового пара за 2017 г

Наименование Месяц	Пар, Гкал	Конденсат сокового пара, т	Аммиачная селитра, т	Расход пара, Гкал/т (при норме 0,36 Гкал/т)
Январь	19120	25425	54350	0,35
Февраль	15795	17800	42069	0,38
Март	18900	19290	52807	0,36
Апрель	18320	19755	50029	0,37
Май	20860	20830	51195	0,41
Июнь	20860	18270	49790	0,42
Июль	19156	14960	43208	0,44
Август	16231	19020	38198	0,42
Сентябрь	19344	18000	48303	0,40

### **3 Описание технологического процесса и технологической схемы установки переработки конденсата сокового пара**

В производство аммиачной селитры из аммиака и азотной кислоты внедрен ряд усовершенствований, позволяющие сократить капитальные затраты на ведение технологического процесса новых установок и уменьшить себестоимость готового продукта.

Процесс переработки конденсата сокового паравключает в себя несколько стадий:

- охлаждение исходного КСП;
- предочистка и нейтрализация исходного потока КСП;
- предварительное обессоливание и концентрирование на установке EDR-III;
- концентрирование на установке ED-II;
- обессоливание на установке ED-III;
- транспортировка и приготовление реагентов.

Путем строительства новых усовершенствованных установок сократилось количество продукта в выбросах в атмосферу и сбросах на очистку сточных вод. Решить эти проблемы позволило внедрение электродиализной установки.

Принцип работы электромембранного оборудования основан на методе электродиализа. Сущность метода заключается в направленном переносе диссоциированных ионов растворенных в воде неорганических солей под влиянием постоянного электрического поля через селективно проницаемые мембраны. При этом катионы при своем движении к катоду свободно проходят через катионитовые мембраны, но задерживаются в смежных камерах непроницаемыми для них анионитовыми мембранами.

Аналогичный процесс происходит с анионами. В результате в одних камерах происходит обеднение ионами раствора - вода опресняется, в других камерах, наоборот, концентрация ионов возрастает. При работе

предложенной установки формируются два потока: опресненный поток (дилуат) и рассольный (концентрат).

На рисунке 2 представлена технологическая схема получения аммиачной селитры.

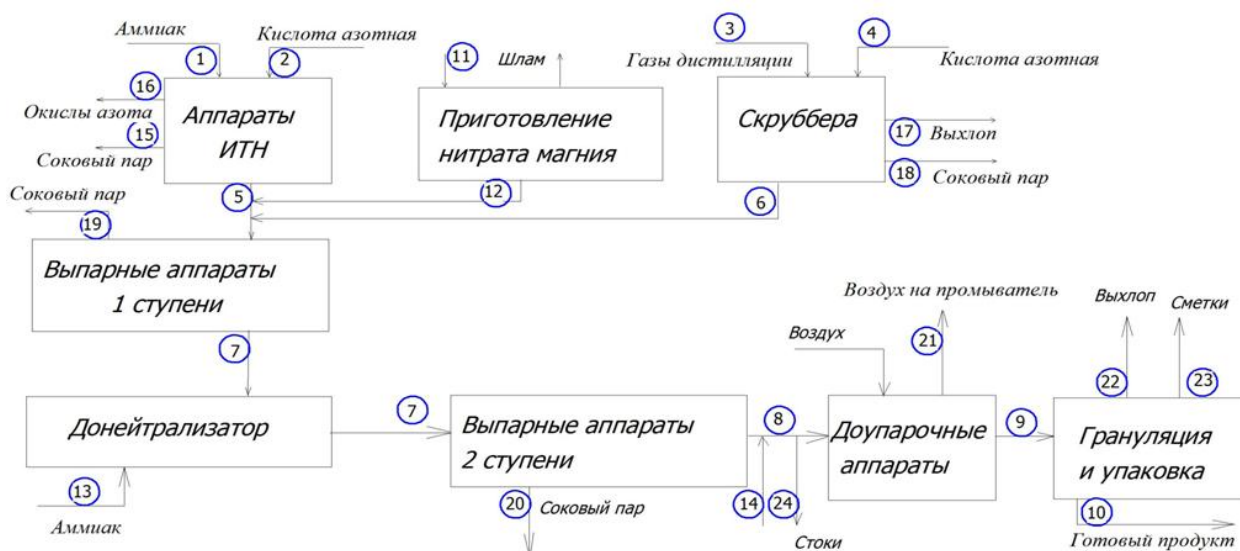


Рисунок 2 – Технологическая схема получения аммиачной селитры

Для накопления промежуточных и целевых продуктов, а также дренажных вод и их транспортировки имеется емкостное и насосное оборудование, расположенное в корпусе 612, реакгентном хозяйстве корпуса 612; основная часть емкостного оборудования размещается на наружной площадке с южной и восточной стороны корпуса 612.

### 3.1 Описание технологической схемы узла охлаждения КСП

Конденсат сокового пара (КСП) с расходом не более  $70 \text{ м}^3/\text{ч}$  и температурой не выше  $80^\circ\text{C}$  поступает в емкость самотеком по переливной линии. Емкость оборудована датчиком уровня датчиком температуры, позволяющими контролировать параметры КСП.

Из емкости КСП забирается насосами и подается на узел охлаждения.

Расход КСП, подаваемого на охлаждение, контролируется с помощью расходомера. Для защиты насосов от срыва струи на их нагнетании установлены датчики давления.

Пуск насосов производится как в ручном, так и в автоматическом режиме. Обязательным условием для пуска насосов является разрешение (сигнал) от «Установки переработки КСП цеха аммиачной селитры».

Конденсат сокового пара (КСП) с расходом не более 70 м<sup>3</sup>/ч и температурой не выше 80 °С поступает в специальную емкость, в которой установлены приборы КИПиА. Приборами контролируются уровень и температура. Из этой емкости КСП поступает на узел охлаждения КСП.

В схему узла охлаждения включены пластинчатые теплообменники (ПТО) и фильтры. В конденсате сокового пара содержатся различные механические примеси, которые забивают теплообменники и фильтры. С целью защиты от механических загрязнений на узле охлаждения КСП, перед подачей на ПТО проходит через механические фильтры. Режим работы теплообменников попеременный. Предусмотрен контроль за загрязненностью фильтров. Манометры, установленные на входе/ и выходе фильтров, позволяют судить о степени загрязненности фильтров.

Далее КСП подаётся на стадию предочистки от механических примесей.

Охлаждение КСП производится в 3 ступени с 80°С до 25°С, но не ниже 20°С.

I ступень

Охлаждение КСП с 80 до 45°С.

I ступень представляет собой ПТО, контур циркуляции КСП и контур циркуляции хладоносителя.

В процессе охлаждения КСП в ПТО контролируются: температура и давление КСП на входе-выходе с помощью датчиков и манометров.

Контур хладоносителя представляет собой закрытый циркуляционный контур, оборудованный средствами защиты и автоматизации, мембранным расширительным баком для компенсации теплового расширения жидкости, емкостью и насосом для подготовки раствора хладоносителя.

Насосы (резервный) подают охлажденный до  $37,5^{\circ}\text{C}$  хладоноситель на ПТО. При этом контролируется давление и температура хладоносителя на всасывании в насосы (вход в ПТО) с помощью датчика.

Пуск насосов производится как в ручном режиме, так и в автоматическом. Регулирование производительности насосов не предусматривается.

В ПТО 50 % водный раствор этиленгликоля подогревается до температуры  $74,5^{\circ}\text{C}$  за счет отвода тепла от КСП.

После ПТО хладоноситель последовательно поступает на градирни, где охлаждается до расчетной температуры ( $52,7^{\circ}\text{C}/37,5^{\circ}\text{C}$ ). При этом контролируется температура хладоносителя на выходе из каждой градирни с помощью датчиков.

При снижении температуры воздуха окружающей среды ниже минус  $10^{\circ}\text{C}$  и температуре хладоносителя на выходе из второй ступени ниже заданной ( $30 \div 35^{\circ}\text{C}$ ) на ЦПУ подается сигнал о необходимости перехода в сухой режим работы градирни. Безопасная работа градирен при отрицательных температурах воздуха (до минус  $18^{\circ}\text{C}$ ) обеспечивается при помощи электронагревателей поддонов и насосов, оборудованных термостатами.

Подпитка контура орошения теплообменной поверхности градирен производится в автоматическом режиме от системы водоподготовки при помощи датчиков уровня воды в поддонах градирен и соленоидных клапанов.

## II ступень

На II ступени технологического процесса происходит охлаждение КСП с  $45$  до  $35^{\circ}\text{C}$ .

II ступень охлаждения конденсата сокового пара включает:

- пластинчатые теплообменники
- контур циркуляции КСП
- контур циркуляции речной воды

Охлаждение производится в ПТО с помощью речной воды, подаваемой из сети предприятия с температурой не более 28°C.

При температуре КСП 35°C и ниже на входе в пластинчатые теплообменники, поток конденсата при помощи клапанов направляется по обводной линии к ПТО. При температуре КСП выше 35°C байпасный вентиль перекрывается и КСП направляется в пластинчатые теплообменники, где охлаждается до температуры +35°C.

Речная вода подается из сети на группу фильтров грубой очистки, при этом контролируется температура и давление на входе-выходе в фильтры. Манометры, установленные на входе-выходе фильтров, позволяют отслеживать степени загрязненности фильтров. Вода, прошедшая фильтра грубой очистки, подается на пластинчатые теплообменники и на систему водоподготовки, предназначенной для подпитки градирен. Потребление речной воды системой контролируется при помощи расходомеров. Пластинчатые теплообменники оборудованы трехходовым вентилем на подаче речной воды, который сбрасывает часть речной воды мимо пластинчатые теплообменники, по сигналу датчика, поддерживая, таким образом, заданную температуру КСП на выходе из пластинчатые теплообменники.

На выходе из ПТО контролируется температура и давление речной воды, что позволяет эффективность работы ПТО и степень его загрязнения.

### III ступень

Охлаждение КСП с 35 до 25°C.

Представляет собой пластинчатые теплообменники, контур циркуляции КСП и контур циркуляции хладоносителя «Ледяная вода» (7/12°C).

Охлаждение производится в пластинчатые теплообменники с помощью «ледяной воды» подготовленной абсорбционной холодильной машиной АБХМ.

При температуре КСП на входе в ПТО 25°C и ниже, поток при помощи клапанов направляется по обводной линии к потребителю. При температуре КСП выше 25°C байпасный вентиль перекрывается и конденсат направляется в пластинчатые теплообменники, где охлаждается до температуры + 25°C.

Контур оборудован мембранным расширительным баком для компенсации теплового расширения жидкости.

Ледяная вода (7/12°C), охлажденная в АБХМ, подается насосами, оборудованными датчиками для защиты насосов от срыва струи, на пластинчатые теплообменники.

Пуск-остановка насосов производится как в ручном режиме, так и в автоматическом по сигналу контроллера АБХМ.

В ПТО ледяная вода нагревается (контролируется датчиком температуры и датчиком давления) и подается на АБХМ.

АБХМ оборудована вспомогательными контурами «Охлаждающей воды» (конденсатор АБХМ) и «Греющей воды» (Генератор АБХМ).

В конденсаторе АБХМ вода подогревается и поступает на градирню. Градирня оборудована частотным регулятором эл. двигателя вентилятора для регулирования температуры воды, трехходовым клапаном, который направляет поток воды мимо градирни, защищая от подачи переохлажденной воды на конденсатор АБХМ.

Подпитка градирни производится в автоматическом режиме от системы водоподготовки при помощи датчиков уровня воды в поддоне градирни и соленоидного клапана.

Насосы подают теплоноситель на первую ступень подогрева в ПТО. В теплообменниках пластинчатого типа греющая вода подогревается за счет отбора теплового потенциала от парового конденсата 3-го цеха. Параметры контролируются с помощью расходомера, манометра, датчика температуры. Линия конденсата 3-го цеха оборудована 3х-ходовым клапаном, управление которым происходит по датчику температуры на выходе греющей воды из ПТО.



Далее греющая вода направляется на вторую ступень подогрева в ПТО. Греющая вода подогревается за счет отбора теплового потенциала от парового конденсата 4го цеха. Линия конденсата 4-го цеха оборудована 3х-ходовым клапаном, управление которым происходит по датчику температуры на выходе греющей воды из ПТО.

В случае отсутствия конденсата из 4-го цеха, либо недостаточного его расхода, греющая среда подается на ПТО, где подогревается паром до температуры 95° С.

Далее греющая среда подается на генератор АБХМ. Регулирование подачи греющей среды на АБХМ осуществляется с помощью клапана по управляющему сигналу контроллера АБХМ.

В процессе работы установки производится запись всех параметров работы установки, с возможностью формирования развернутого отчета в виде таблиц, графиков и т. п.

### **3.2 Описание технологической схемы установки по переработки КСП**

После установки охлаждения КСП поступает в резервуар предочистки. Температура поступающего КСП 20-30°С контролируется. Резервуар для сбора исходных стоков объёмом 400м<sup>3</sup> имеет контроль уровня. При достижении минимального уровня система переработки КСП переходит в режим ожидания. Схемой также предусмотрен контроль температуры КСП в резервуаре, не допускается понижение температуры ниже 10°С, снижение температуры сигнализируется.

Из резервуара поступает на забор насосов, на линии предусмотрено измерение рН и электропроводности. Технологическим процессом поддерживаются предельные значения рН от 3,0 до 11,0 и электропроводности 3000 мкСм/см.

КСП с нагнетания насосов подаётся на стадию предварительной очистки от механических примесей.

Схемой предусмотрена также коррекция рН очищаемого КСП на уровне 5,5÷7,5 (1-ая ступень) подачей аммиачной воды. Данная операция осуществляется в автоматическом режиме: при падении рН ниже 5,5 включается подача аммиачной воды, при повышении рН до 7,5 подача аммиачной воды автоматически отключается. При достижении значений рН = 10 или 3,0 процесс очистки КСП останавливается.

Для обеспечения качественной фильтрации используются 5 рукавных фильтров. Схемой предусмотрена возможность работы оборудования стадии предочистки на пониженной нагрузке. Очищенный от механических примесей КСП (фильтрат) направляется в ёмкость.

#### Сбор фильтрата

После блока предочистки очищенный от механических примесей поток КСП (фильтрат) направляется в ёмкость для сбора фильтрата. Уровень фильтрата в приёмных емкостях контролируется. Предусмотрен автоматический контроль за температурным режимом, так как, процесс проходит в температурном диапазоне от 10 С до 30 С. При снижении и повышении температуры в заданных параметрах автоматически срабатывает сигнализация.

В рабочем режиме ёмкости работают поочередно: одна – на приём фильтрата со стадии предочистки, вторая – на выдачу фильтрата на стадию EDR-III.

Переключение емкостей осуществляется автоматически, для чего на трубопроводах входа-выхода установлена отсечная арматура с дистанционным управлением соответственно.

Из емкостей предочистки фильтрат поступает в модуль мембранного разделения EDR-III.

Предварительное обессоливание и концентрирование на установке EDR-III

Очищенный от механических примесей фильтрат из емкостей насосами подаётся на установку EDR-III для предварительного обессоливания и концентрирования.

Схемой также предусмотрен контроль параметров и качества фильтрата, подаваемого на модуль EDR-III:

- давления фильтрата на входе
- температуры фильтрата
- электропроводимости

С нагнетания насосов фильтрат поступает на электродиализную установку, включающую в себя 8 аппаратов EDR-III, установленных последовательно в две технологические нитки по 4 ступени каждая.

Основной поток фильтрата в количестве до 80 м<sup>3</sup>/ч поступает в камеры диллюата модулей EDR-III. В результате протекания электрического тока через электродиализаторы происходит перенос части фильтрата в раствор концентрирования.

Технологический процесс предварительного обессоливания и концентрирования проводится в циркуляционном режиме по концентрату с помощью насосов и в проточном режиме по диллюату.

Для исключения кристаллизации солей в концентрате схемой предусмотрено его непрерывное разбавление исходным фильтратом в циркуляционном контуре насоса.

С электромембранной установки EDR-III выходят два потока: диллюат и концентрат предварительной очистки, диллюат далее поступает в модуль тонкой очистки ED-III, а концентрат в модуль концентрирования ED-II.

Схемой также предусмотрен контроль параметров выдаваемого с установки EDR-III промежуточного диллюата.

Переключение потоков промежуточного диллюата в приёмные ёмкости осуществляется автоматически, для чего предусмотрена отсечная арматура с дистанционным управлением на подводящих трубопроводах. Для

обеспечения эффективной работы модуля EDR-III схемой предусмотрена постоянная промывка электродных камер.

Количество подаваемого в электродные камеры промывного раствора регулируется вручную мембранными вентилями и контролируется с сигнализацией падения расхода промывного раствора и медленным отключением установки EDR-III.

Для удаления дегазированных из промывного раствора водорода и кислорода, образующихся в процессе электролиза воды в ёмкости предусмотрена постоянная вентиляция газовой фазы с помощью вентилятора с целью избежания накопления газообразного водорода и кислорода в системе. Схемой предусмотрена периодическая замена промывного раствора свежим. Одновременно проводится дренирование промывного раствора из ёмкости и подпиткой её дилуатом.

Схемой также предусмотрена периодическая общая промывка оборудования установки EDR-III раствором азотной кислоты с концентрацией 3 % масс.

#### Концентрирование стоков на установке ED-II

Концентрат предварительной очистки от установки EDR-III в количестве до 12 м<sup>3</sup>/ч направляется в приёмные ёмкости установки ED-II вместимостью 20 м<sup>3</sup> каждая.

В рабочем режиме ёмкости работают поочередно: одна – на приём промежуточного концентрата с установки EDR-III, вторая – на циркуляцию дилуата в процессе его обессоливания.

Схемой также предусмотрен контроль температуры среды в приёмных емкостях с сигнализацией предельных значений 15 °С и 30 °С и с отключением модуля при значениях 10 °С или 35 °С.

Далее концентрат предварительной очистки из заполненной приёмной ёмкости подаётся на установку ED-II для концентрирования.

Технологический процесс концентрирования стоков проводится в циркуляционном режиме как по дилюату, так и по концентрату, с контролем давления входящих и выходящих потоков.

Циркуляционный контур дилюата оснащён пластинчатым теплообменником для охлаждения очищаемого потока до температуры не выше 25 °С оборотной водой. Схемой предусмотрен контроль температуры и давления прямой оборотной воды на входе в модуль.

Циркуляционный контур дилюата также оснащён приборами для контроля потока жидкости и давления в контуре, при падении (повышении) давления и снижения протока происходит отключение установки ED-II с сигнализацией блокировочных параметров.

Гидравлическая система контура дилюата настраивается таким образом, чтобы давление в ней превышало давление в контурах циркуляции концентрата и промывного раствора.

Циркуляция концентрируемых стоков осуществляется центробежным насосом через промежуточную ёмкость вместимостью 0,8 м<sup>3</sup> и установленным на линии нагнетания насоса.

При работе установки ED-EDI на пониженных нагрузках (40 м<sup>3</sup>/ч по исходным стокам), электродиализная установка ED-II для концентрирования продолжает работу при пониженном напряжении, подаваемом на аппараты. Также, в остановочный период проводится общая промывка оборудования установки ED-II раствором азотной кислоты с концентрацией 3 % масс.

Глубокое обессоливание на установке ED-III

Дилюат предварительной очистки от установки EDR-III в количестве до 68 м<sup>3</sup>/ч направляется в приёмные ёмкости установки ED-III, вместимостью 75 м<sup>3</sup> каждая.

Для осуществления операций переключения на трубопроводах входа-выхода установлена отсечная арматура с дистанционным управлением соответственно. При минимальном в обеих приёмных емкостях

осуществляется циркуляция потока через одну из двух емкостей, модуль ED-III переходит в режим ожидания.

На циркуляционных трубопроводах также установлена отсечная арматура с дистанционным управлением. При максимальном уровне в обеих приёмных емкостях приём дилюата на ёмкость ED-III прекращается, предыдущие стадии очистки (EDR-III) переходят в режим ожидания.

Схемой также предусмотрена возможность подачи промежуточного дилюата из приёмных емкостей производного дилюата на забор насосов, минуя стадию очистки ED-III. На трубопроводе выдачи установлена отсечная арматура с дистанционным управлением.

Температура подаваемого на очистку промежуточного дилюата  $10 \div 35$  °С контролируется с сигнализацией минимального и максимального значений  $10$  °С и  $35$  °С, соответственно.

Далее дилюат предварительной очистки поступает на электродеионизационную установку, включающую в себя 2 блока по 2 аппарата ED-III, установленных параллельно. Процесс глубокого обессоливания ведётся в проточном режиме по дилюату и в циркуляционном по концентрату. Все блокировочные параметры сигнализируются. Рециркуляция концентрата в модуле ED-III осуществляется центробежным насосом.

Циркуляционный контур концентрата также оснащён приборами контроля: электропроводности, давления на входе в электродеионизаторы, давления на выходе из деионизаторов. Все блокировочные значения циркуляционного контура концентрата сигнализируются.

При работе установки ED – EDI при пониженных нагрузках ( $40$  м<sup>3</sup>/ч по исходным стокам), в электродеионизационной установке EDI выводится из работы соответствующее подаваемому потоку количество отдельных аппаратов ED-III. Из модуля ED-III выходят два потока: дилюат и концентрат.

Концентрат после модулей ED-III в качестве возвратного потока направляется в ёмкость для сбора возвратных потоков. Расход отводимого концентрата контролируются с остановом технологии ED-III при снижении протока. При неудовлетворительном качестве выходящих потоков схемой предусмотрен их возврат в ёмкость для повторной очистки. Все блокировочные значения в контуре промывного раствора сигнализируются.

Схема потоков переработки конденсата сокового пара представлена на рисунке 3.

#### Сбор продуктов технологического узла

Концентрат (продукт №2) из модуля ED-II самотёком поступает в ёмкость для сбора концентрата. В холодный период года ёмкость обогревается теплофикационной водой с температурой 90 °С.

Из ёмкости концентрат поступает на забор насоса, на всасывающей линии которого установлен конусный сетчатый фильтр для предотвращения попадания в полость насоса механических примесей.

Приём концентрата (продукт №2) в ёмкость осуществляется постоянно в течение работы установки переработки КСП, выдача концентрата из ёмкости осуществляется периодически: по мере заполнения с помощью насоса концентрат выдаётся в цех в ёмкость для дальнейшей переработки.

Диллюат (продукт № 1) из модуля ED-III поступает в приёмные ёмкости. На трубопроводах входа диллюата в ёмкости установлена отсечная арматура с дистанционным управлением.

Уровень диллюата измеряется и регулируется автоматически клапаном, установленным на линии выдачи диллюата на подпитку ВОЦ-6.

Приёмные ёмкости также работают поочередно: одна – на забор насосов с нагнетания которых направляется в постоянном режиме работы на выдачу на подпитку ВОЦ-6. Трубопроводы выхода диллюата из емкостей, а также подачи его в ёмкости для промывочных операций оснащены отсечной арматурой с дистанционным управлением соответственно.

На линии выдачи дилуата на подпитку ВОЦ-6 установлены измеритель расхода и регулирующий клапан. Расход подаваемого на ВОЦ-6 дилуата регулируется автоматически с помощью частотных преобразователей, установленных на электродвигателях насосов.

Для подачи дилуата на подпитку систем промывки электродных камер модулей EDR-III, ED-II и ED-III предусмотрен моноблочный насос.

#### Сбор возвратных потоков

Возвратные потоки: концентрат из модуля ED-III и дилуат из модуля ED-II поступают в усреднительную ёмкость, в которую собираются также отработанный промывной раствор электродных камер модуля EDR-III, дренируемый из ёмкости.

Ёмкость возвратных потоков снабжена измерителем температуры до 30 °С, также контролируется при минимальном уровне срабатывает блокировка по останову насосов, при максимальном уровне – система очистки стоков переходит в режим ожидания, параметры срабатывания блокировок сигнализируются.

Из ёмкости усреднённый возвратный поток поступает на забор насосов которых возвратный поток направляется в резервуар для повторной переработки. Расход потока на нагнетании насоса регулируется автоматически с помощью частотных преобразователей, установленных на электродвигателях данных насосов с коррекцией расхода по уровню в ёмкости. Схемой также предусмотрено аварийное включение резервного насоса.

#### Промывка оборудования установки

Для обеспечения чистоты поверхности мембран модуля EDR-III предусмотрена автоматическая операция химической очистки аппаратов модуля EDR-III, в течение которого происходит постепенное растворение всех потенциальных осадков в системе модуля. Операция промывки состоит из нескольких этапов и осуществляется следующим образом:



1) Секция модуля EDR-III, ED-II, а также система промывки электродных камер модулей EDR-III, ED-II дренируется после открытия соответствующей арматуры по системам дренажных лотков в дренажный бак;

2) По истечении 10 минут дренирование прекращается, дренажная арматура закрывается;

3) Ёмкость заполняется чистой водой (дилуатом);

4) Организуется циркуляция модулей EDR-III, ED-II с помощью насосов;

По достижении производительности насосов на определенном уровне, осуществляется дозирование азотной кислоты в линию забора насосов подача азотной кислоты производится из ёмкости реагентного хозяйства с помощью насоса; процесс дозирования азотной кислоты осуществляется в зависимости от электропроводности промывного раствора;

5) Спустя 60 мин., операция промывки заканчивается, промывной раствор отводится в дренажный бак после открытия соответствующей арматуры;

6) После полного опорожнения системы от промывного раствора насосы останавливаются.

Материальный баланс установки переработки КСП  
производительностью 70 м<sup>3</sup>/час по входящему потоку

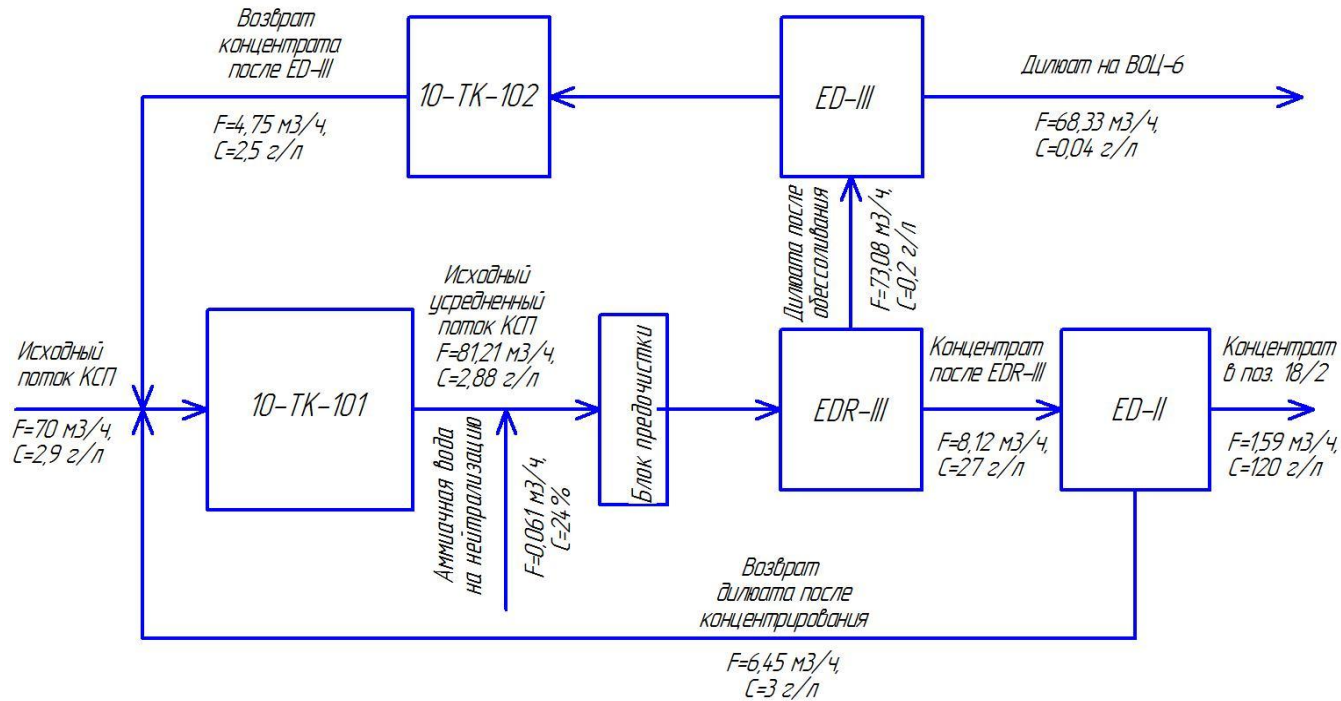


Рисунок 3 - Описание технологической схемы установки по переработки КСП

После окончания кислой промывки осуществляется операция ополаскивания системы модулей EDR-III, ED-II дилуатом.

Отвод промывных вод после ополаскивания модуля осуществляется также в дренажный бак, в котором проводится нейтрализация промывных растворов.

Для нейтрализации азотной кислоты, содержащейся в регенерированном растворе, предусмотрена подача аммиачной воды от ёмкости из реагентного хозяйства с помощью насоса.

Нейтрализованные промывные воды насосом возвращаются в резервуар для дальнейшей переработки.

#### Реагентное хозяйство

Для поддержания рН и электропроводности очищаемого стока на требуемом уровне по всем модулям электромембранной очистки, предусматривается реагентное хозяйство.

Для проведения вышеуказанных процессов используются следующие реагенты: 47 % азотная кислота, 24 % аммиачная вода, 25 % раствор аммиачной селитры.

Азотная кислота и аммиачная вода поступают в реагентное хозяйство по трубопроводам, раствор аммиачной селитры привозится автопогрузчиком в переносной таре (евроконтейнерах).

Из привозной тары раствор погружным насосом, либо самотёком с наружной площадки сливается в ёмкость.

Для подачи реагентов из емкостей на установку переработки КСП предусмотрена группа дозирочных насосов, установленных на единой раме.

Из ёмкости азотная кислота поступает на установку переработки КСП в модули фильтрации и EDR-III с помощью дозирочных насосов, а также центробежного насоса.

Схемой также предусмотрена выдача азотной кислоты для нейтрализации промывных вод в ёмкости с помощью насоса.

Далее 24 % аммиачная вода из корп. 460 цеха №13 поступает в ёмкость, снабжённую измерением уровня и сигнализацией по его и понижению.

По уровню срабатывает блокировка и сигнализация с закрытием отсекавателя, установленного на линии налива аммиачной воды в ёмкость.

Из ёмкости аммиачная вода откачивается дозировочными насосами и центробежным насосом на установку переработки КСП в модули фильтрации и EDR-III.

Схемой также предусмотрена выдача аммиачной воды для нейтрализации промывных вод из ёмкости в дренажный бак с помощью насоса.

Раствор аммиачной селитры из ёмкости откачивается дозировочными насосами на установку переработки КСП в модули EDR-III, ED-II и ED-III;

В помещении реагентного хозяйства ведётся постоянный автоматический газовый анализ на содержание паров аммиака и азотной кислоты в воздухе рабочей зоны с сигнализацией повышения до ПДК по:

- аммиаку – 20 мг/м<sup>3</sup>;
- парам азотной кислоты – 2 мг/м<sup>3</sup>.

При достижении в воздухе рабочей зоны ПДК по аммиаку (20 мг/м<sup>3</sup>) автоматически включается аварийная вентиляция в помещении реагентного хозяйства.

Сбор переливов из емкостного оборудования, дренажей оборудования и трубопроводов

Сбор переливов и дренажей из емкостного оборудования, размещаемого в составе модулей ED-EDR, а также дренажей и проливов от насосного оборудования осуществляется по системам лотков в корпусе 612 в дренажный бак, оснащённый погружным насосом. Ёмкость снабжена измерителем уровня, при достижении максимального уровня производится откачка стоков.

Откачка дренажных вод осуществляется в резервуар для дальнейшей переработки.

Сбор дренажей и проливов, а также атмосферных осадков от емкостного оборудования, происходит в приямок, снабжённый погружным насосом. Сбор дренажей от насосного оборудования, а также аварийных проливов из поддонов помещения реагентного хозяйства осуществляется по системам лотков в дренажный бетонированный приямок, оснащённый погружным насосом.

Стоки из приямка откачиваются насосом в дренажный бак для дальнейшей нейтрализации (при необходимости) и переработки. Давление нагнетания насоса контролируется по месту [8].

### **3.3 Анализ сточных вод и выбросов в атмосферу цеха № 3**

При производстве аммиачной селитры образуются вредные вещества, негативно влияющие на окружающую среду.

В целях снижения воздействия на окружающую среду предусмотрено в технологической схеме Узел сбора и откачки сточных вод цеха №3 предназначен для откачки «оставшегося» стока, не подходящего по параметрам для очистки на установке по переработке КСП. Такие сточные воды содержат смыв с полов, промывочные воды при промывке и подготовке оборудования к ремонтным работам, сброс оборотной воды с вакуум насосов, воды при мытье помещений насосных, сливы в дренажные емкости, воды при аварийных остановках или разгерметизации насосного оборудования. В таблицах 3 и 4 указаны регламентированные нормы допустимого сброса и допустимое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Таблица 3 – Результаты анализов сточных вод

Наименование сбрасываемых сточных вод и отделение (аппарат)	Количество стоков, м <sup>3</sup> /сутки	Периодичность сброса	Наименование загрязняющего вещества	Норматив допустимого сброса, мг/дм <sup>3</sup>
Ливневые и талые воды	42	Периодически при атмосферных осадках	рН	6,5 ÷ 8,5
			Аммоний-ион	11,22
			Нитрит-анион	0,08
			Нитрат-анион	74,69
Случайные аварийные проливы щелоков, азотной кислоты, КСП при разгерметизации оборудования и коммуникаций, сточные воды после смыва полов корп. 601, 602, 607, 608, 612.  Оборотная вода после вакуум-насосов  Номера источников по материальному балансу - 18, 19, 20, 24	360	Постоянно	рН	6,5 ÷ 8,5
			Азотная кислота (в пересчете на нитрат-анион)	394
			Аммиачная селитра (в пересчете на нитрат-анион)	775
			Σ азотной кислоты+аммиачной селитры (в пересчете на нитрат-анион)	1169
			Аммиак (в пересчете на аммоний-ион)	106
			Аммиачная селитра (в пересчете на аммоний-ион)	225
			Σ аммиак+аммиачной селитры (в пересчете на	331
			Температура	40 °С
			Нефтепродукты	5,629
Ливневые и талые воды	27,15	Периодически при атмосферных осадках	рН	6,5 ÷ 8,5
			Аммоний-ион	11,22
			Нитрит-анион	0,08
			Нитрат-анион	74,69

Узел состоит из заглубленной емкости, в которую направлен загрязненный сток цеха №3, а также промывные воды с корпусов:

С этой емкости производится откачка стоков в цех очистки стоков методом нитри-денитрификации (НДФ).

На выходе с емкости предусмотрены сетчатые фильтры, для защиты насосов от механических примесей. Степень загрязнения фильтров отслеживается датчиком по перепаду давления до и после фильтра.

Заводская лаборатория, согласно графику, отбирает анализы стоков, которые поступают в кислотную канализацию и ливневую канализацию, проводит анализ. После чего данные попадают в цех и разрабатываются мероприятия по устранению нарушений. Также заводской лабораторией проводятся анализы по промышленным выбросам и воздуху рабочей зоны. Все предоставленные выше сведения сохраняются в заводской системе и могут быть проанализированы за любой период времени на предмет улучшения или ухудшения экологической обстановки в цехе и на производстве в целом [11].

За период работы цеха было проведено несколько реконструкций, но качество выбросов и сбросов от производства аммиачной селитры не отвечает требованиям охраны окружающей среды. Поэтому вносятся дополнительные предложения для снижения техногенного воздействия в целях уменьшения количества стоков и промышленных выбросов в атмосферу.

Таблица 4 – Результаты анализов выбросов в атмосферу

Наименование выброса, отделение	Количество источников выделения под одним источником выброса	Номер источника выброса	Суммарный объем отходящих газов, $\text{нм}^3/\text{с}$	Периодичность работы, ч/год	Характеристика выброса			Допустимое количество ЗВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с
					Температура, $^{\circ}\text{C}$	Состав выброса(ЗВ)	ПДВ загрязняющих веществ, $\text{г}/\text{м}^3$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Вентилируемые газы, отделение выпарки.	8	0078	194,43	8000	80	Аммиак	10	2,0026
						Аммиачная селитра	90	17,8875
2.Промывательные газы, отделение выпарки II ступени.	2	0077	7,481	8000	95	Аммиак	350	2,79
						Аммиачная селитра	455	3,64
						Азотная кислота	1005	7,81
3. Выхлопные газы со скрубберной установки, отделение нейтрализации	2	0075	2,02	8000	110	Азота диоксид	55	0,113
						Азота оксид	8	0,017
						Азотная кислота	7005	14,661
						Аммиак	2705	5,466
						Аммиачная селитра	1210	2,567
4. Отделение упаковки	1	0081	1,65	8760	25	Аммиачная селитра	32,4	0,108



Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Емкость хранения магнезита	1	0527	0,004	300	20	Магний карбонат основной гидрат	650	0,00262
6. Движение аммиачной селитры по галерее	1	0623	1,57	8760	25	Аммиачная селитра	10	0,0188
7. Резервуар, хранилище антислеживающей добавки	1	0830	0,0002	8760	90	Масло минеральное нефтяное	5	0,0000011
8. 24% NH <sub>4</sub> OH, помещение реagentного хозяйства	1	0950	0,000004	8640	20	Аммиак	10000	0,00008
9. 47% HNO <sub>3</sub> , помещение реagentного хозяйства	1	0951	0,000004	8640	20	Азотная кислота	1600	0,000013

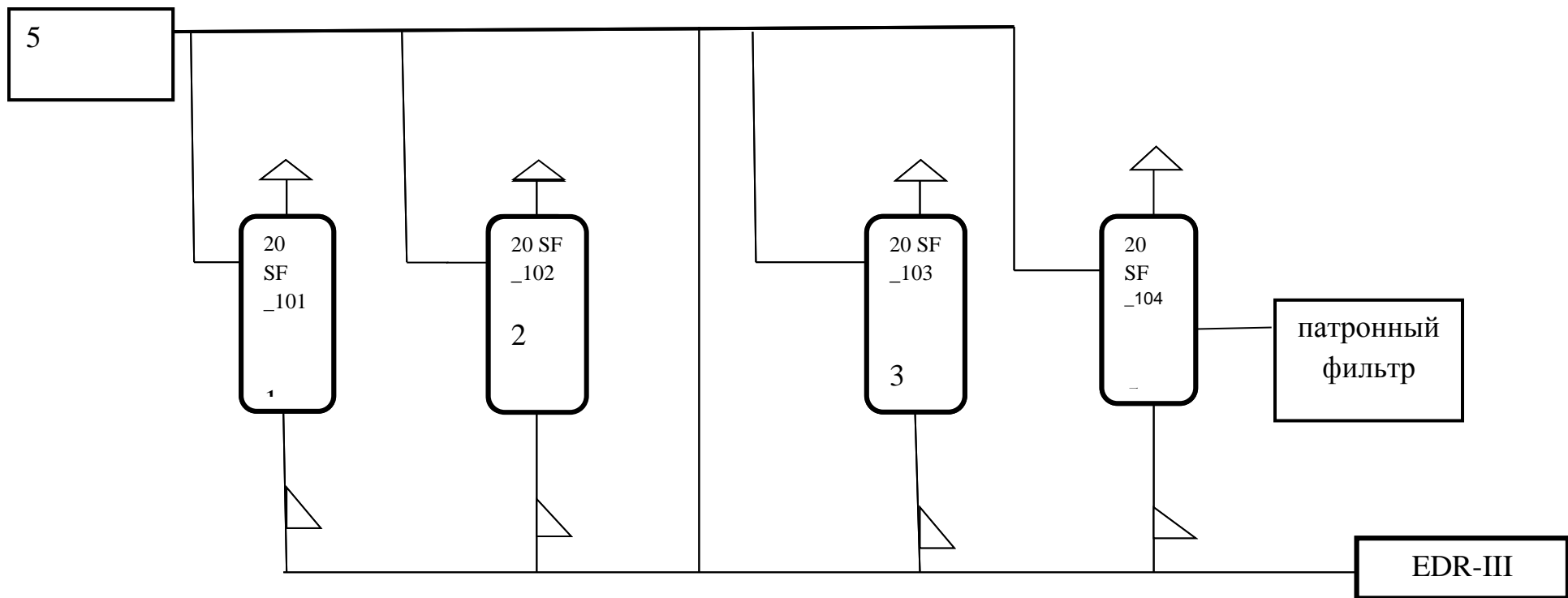
#### **4 Модернизация технологической схемы переработки конденсата сокового пара**

По регламенту цеха в процессе поступления конденсата сокового пара перед установкой ED-III были установлены патронные фильтры для очистки КСП от механических примесей. В процессе эксплуатации установки выяснилось, что фильтры забиваются различными механическими примесями. Оборудование выходит из строя и требуется промывка фильтров. Ремонтные работы по промывке фильтров прерывают технологический процесс по всем этапам, что отражается на качестве продукции и времени получения готового продукта.

В связи с этим нами была предложена дополнительная установка рукавных фильтров перед патронными фильтрами. В промышленности патронные и рукавные фильтры применяют для обеззараживания, обессоливания, уменьшения жесткости воды, применяемой в технологических процессах.

Приводим характеристику патронных фильтров. Отразим их достоинства и недостатки. Патронные фильтры предназначены для проведения микрофльтрации, процесса очистки стоков перед поступлением на установку ED-III. Фильтры работают под давлением, относятся к оборудованию периодического действия. В основном такие фильтры обеспечивают очищение жидких сред от примесей в стадии подготовки воды перед подачей на установки различного типа, в частности, на электродиализную установку. При изготовлении учитываются свойства материалов и условия эксплуатации фильтрующих элементов (рисунок 4).

Устройство патронных фильтров. Фильтры состоят из фильтродержателя, в котором расположены катриджи – патронные фильтрующие элементы.



1,2,3,4 – патронные фильтры, 5 – емкость фильтрата, EDR-III – электродиализная установка

Рисунок 4 - Схема расположения патронных фильтров перед установкой EDR-III

Катриджи изготавливают из гофрированного полиэстера, нержавеющей стали. Используют однопатронные и мультипатронные фильтродержатели, в зависимости от количества катриджей, расположенных внутри корпуса фильтра.

Принцип действия патронных фильтров. Механизм фильтрации сложный. Патронные фильтры относятся к фильтрам тупиковой фильтрации. Принцип их действия заключается в следующем: фильтрат под давлением подается на фильтрующую перегородку элементов. на фильтре происходит захват мембраной частиц различных размеров. При этом на поверхности перегородки задерживаются все примеси, содержащиеся в жидкой среде. Механические примеси проходят через поры большого диаметра на мембране, затем жидкость проходит средние по размерам поры, и далее вовлекаются в процесс фильтрации мелкие поры мембраны. Нами установлено, что в зависимости от размеров пор на мембране фильтра в составе фильтрата могут преобладать крупные механические включения, что отрицательно сказывается на качестве фильтрата. Часть частиц, не прошедших через мембрану, остаются на ней. Поэтому поверхность мембраны приходится чистить, останавливая технологический процесс.

Для того, чтобы избежать частые остановки оборудования для чистки мембраны и всей электродиализной установки, нами было предложена дополнительная установка рукавных фильтров на одной линии с патронными на входе в EDR-III. Преимущества рукавных фильтров выражается и в стоимости: патронные фильтры намного дороже рукавных. Устройство рукавных фильтров. Система высокопоточного механического фильтра герметична. Фильтр состоит из корпуса, заменяемого рукавного фильтра, изготовленного из фильтровального полотна. Предложенный фильтр не имеет каркаса и опорной трубки, обладает улучшенной пропускной способностью, легко очищается от посторонних мешающих влияний. К достоинствам предложенного фильтра относится простота установки, замены и утилизации в случае повреждения, а также отсутствие клеящих, смазочных

веществ. Дополнение рукавных фильтров играет важную роль в очистке КСПи четко прослеживается по повышению качеству конденсата сокового пара, дилюата и концентрата. Данные представлены в таблице 5.

Таблица 5 –Показатели количественного химического анализа в жидких средах производства аммиачной селитры

Место отбора	Дата отбора	Наименование показателей							
		pH	HNO <sub>3</sub> , г/дм <sup>3</sup>	NH <sub>3</sub> , г/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> г/дм <sup>3</sup>	Масло, мг/кг	Ca, мг/дм <sup>3</sup>	Mg, мг/дм <sup>3</sup>	Fe, мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сборник конденсата сокового пара (КСП)	07.10.13	2,9	0,2	-	2,4	-	22	4	0,05
	15.10.13	2,0	0,7	-	2,3	0,6	27	4	-
	16.10.13	2,2	0,4	-	2,3	0,4	18	4	0,04
	07.11.13	2,1	1,4	-	1,2	1,1	17	3	0,03
	13.01.14	2,1	0,71		2,6	0,8	0,2	0,14	0,02
	15.01.14	2,0	0,66		4,2	-	0,2	0,08	0,04
	04.02.14	2,4	0,3		2,6	0,7	0,3	0,07	0,01
	10.02.14	2,8	1,1		2,6	0,6	0,3	0,1	0,06
	05.03.14	3,2	0,4		3,6	-	-	-	-
	14.04.14	1,5	0,7	-	2,4	0,7	0,5	0,4	0,01
	18.08.14	2,1	-	0,2	2,5	0,4	0,07	0,01	0,01
	26.08.14	8,6	-	0,09	2,3	2,4	-	-	-
	01.09.14	7,9	-	0,03	2,0	0,5	0,03	отс	отс
	23.03.15	3,5	0,03	-	1,4	0,7	0,05	0,04	0,02
25.03.15	7,3	-	0,003	1,1	1,6	-	-	-	
дилюат	24.02.14	8,6	-	0,003	0,075	0,6	<0,01	<0,01	<0,01
	27.02.14	7,7	-	0,002	0,041	0,5	0,14	-	-
	03.03.14	8,1	-	0,008	0,050	0,6	0,05		-
	04.03.14	7,7	-	0,003	0,050	0,2	0,1		-
	11.03.14	8,0	-	0,001	0,050	0,3	-	-	0,01
	12.03.14	7,9	-	0,002	0,046	0,2	-	-	0,003
	13.03.14	8,0	-	0,005	0,050	0,3	-	-	0,004
	24.03.14	9,7	-	0,050	0,100	-			
	08.04.14	8,6	-	0,003	0,047	-	-	-	-
21.04.14	4,4	0,0007	-	0,040	-	-	-	-	
Концентрат	24.02.14	6,6	-	0,04	157	0,3	-	-	0,3
	25.02.14	6,4	-	0,04	153	0,5	-	-	-
	03.03.14	6,6	-	0,04	178	0,5	44	-	-
	04.03.14	6,4	-	0,05	180	1,0	42	-	-
	20.03.14	5,6	0,2	-	159				
	21.03.14	6,5	-	0,05	186	-	-	-	-
	24.03.14	6,8	-	0,08	173	-	-	-	-
	08.04.14	8,9	-	0,003	144	-	-	-	-
09.04.14	9,3	-	0,021	113	-	-	-	-	

В гофрированном рукаве фильтра расположена дренажная сетка. Синтетический материал, применяемый при изготовлении фильтра, имеет равномерно распределенную пористость с определенными размерами фильтровальной ячейки. Качество применяемого материала высокое, обладает высокой износостойкостью, устойчивостью к механическим повреждениям, низкой гигроскопичностью. К основному оборудованию фильтр крепится резиновыми кольцами

Как видно из таблицы 5, в конденсате сокового пара концентрация  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  составляла 2,6 г/дм<sup>3</sup> в 2013г. и 1,1 г/дм<sup>3</sup> в 2015 г., в дилюате концентрация  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  варьировала от 0,149 г/дм<sup>3</sup> в 2014г. до 0,03 г/дм<sup>3</sup>. В концентрате отмечена динамика снижения концентрации  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . По всем определяемым веществам также отмечена положительная динамика снижения концентрации.

Как отмечалось ранее метод переработки конденсата сокового пара (КСП) основан на концентрировании раствора аммиачной селитры на электродиализных установках. Формируются два потока: опресненный поток (дилюат) и рассольный (концентрат).

Принципиально новое оборудование – установка электродиализа, применение рукавных и патронных фильтров перед входом потока в установку – показало эффективность в процессе очистки от механических примесей КСП. Качество фильтрата на выходе из модуля (мутность) повысилось, что способствует исключению отклонений параметров 0,02 NTU и 2,0 NTU и остановом процесса при повышении мутности фильтрата до 3,0 NTU.

Очищенный от механических примесей КСП (фильтрат) направляется в ёмкость поз. 20-ТК-101, 102.

Для обеспечения качественной фильтрации используются рукавные фильтры 10-SF-105÷109, микрофильтрация КСП осуществляется в 4-х патронных фильтрах поз. 10-SF-101÷104, патронные микрофильтры служат в

качестве «полирующей» стадии очистки. Результаты очистки КСП представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели концентрации аммиачной селитры в дилуате, конденсате сокового пара и концентрата

Дата	Время отбора	Дилуат из емкости поз.40-ТК-		Конд.сокового пара после сборн.п.113/1			Концентрат из емкости поз.30-ТК-302	
		Массовая концентрация аммиачной селитры	рН среды ед.	Массовая концентрация азотной кислоты г/л	Массовая концентрация аммиачной селитры г/л	рН среды ед.	Массовая концентрация аммиачной селитры	рН среды ед.
		н/ б 40	6-8	н/ б 2,8	н/ б 4,4 г/л	2,4-9,7	н / м 120	6-8 ед
<b>Среднее:</b>		<b>34,04</b>	<b>7,9</b>	<b>0,35</b>	<b>4,23</b>	<b>4,8</b>	<b>121,98</b>	<b>5,3</b>

Из таблицы 6 видно, что концентрация аммиачной селитры в конденсате сокового пара ниже, чем в дилуате и концентрате. Значение концентрации аммиачной селитры находится в заданных параметрах.

Расчёт материального баланса установки переработки КСП для исходного потока расходом  $70 \text{ м}^3/\text{ч}$  (максимальный) приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Материальный баланс установки переработки КСП

Приход		Расход	
Наименование потока	Количество, $\text{м}^3/\text{ч}$	Наименование потока	Количество, $\text{м}^3/\text{ч}$
1	2	3	4
1 Исходный поток КСП	70	1 Дилуат	68,33
2 Раствор аммиачной селитры (25 % масс.)	0,0014	2 Концентрат	1,59
3 Раствор аммиачной воды (25 % масс.)	0,061	3 Собственные нужды установки	0,0697
4 Раствор азотной кислоты (47 % масс.)	0,0023(для промывки модулей)	4 Промывочные воды	0,075(во время промывок)
<b>ИТОГО:</b>	<b>70,0647</b>	<b>ИТОГО:</b>	<b>70,0647</b>

Таким образом, предложенные мероприятия по внедрению в технологический процесс электродиализной установки, добавление рукавных фильтров наравне с патронными фильтрами позволили решить важную проблему извлечения аммиачной селитры как продукта, и снижение концентрации ее в КСП при подаче на очистные сооружения.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе рассматривались важные вопросы по изменению технологии переработки конденсата сокового пара в производстве аммиачной селитры ПАО «КуйбышевАзот».

Целью бакалаврской работы было снижение солесодержания в конденсате сокового пара (КСП) для получения вторичных материальных ресурсов в виде аммиачной селитры и уменьшении концентрации азота аммонийного в сточных водах.

Для достижения цели необходимо было решить задачи:

1. Проанализировать процесс получения и свойства аммиачной селитры;

2. Проанализировать процесс получения опресненного потока - дилюата и дальнейшего его использования в подпитке водооборотного цикла;

3. Проанализировать получение рассольного потока –концентрата;

4. предложить техническое решение по замене фильтров;

В процессе выполнения бакалаврской работы было выполнено следующее: – собрана информация по вредным веществам, негативно влияющих на окружающую среду, изучены свойства аммиачной селитры и ее роль как удобрения, проведен анализ технологии получения продукта, изучена схема получения аммиачной селитры на предприятии. Были изучены методы по утилизации и обезвреживанию отходящих газов и паров, технологический процесс переработки конденсата сокового пара цеха №3, расположенного на территории предприятия ПАО «КуйбышевАзот», в частности все реконструкции, внедренные с начала производства и по сегодняшний день. Проанализированы результаты количественных химических анализов концентрации конденсата сокового пара в течении нескольких лет.

Отдельно были проанализированы энергоресурсы, такие как водяной пар и конденсат сокового пара.

В существующей технологии переработки конденсата сокового пара выявлены были некоторые слабые стороны очистки КСП от механических примесей, и предложено применение рукавных фильтров совместно с патронными фильтрами. Рукавные фильтры характеризуются простотой обслуживания и малой стоимостью.

Собрана информация по вредным веществам, негативно влияющими на окружающую среду. Проанализированы результаты количественных химических анализов конденсата сокового пара.

Предложенная технология позволяет уменьшить концентрацию продукта в сточных водах, направляемых на биологические очистные сооружения предприятия.

На основании проделанной работы нами предложена замена фильтров, применяемых для очистки конденсата сокового пара от механических примесей.

Практическая значимость нашей работы состоит в уменьшении содержания основного продукта – аммиачной селитры – в жидких отходах производства и получении вторичных материальных ресурсов, при наименьших затратах.

Таким образом, поставленная перед нами цель достигнута, определенные задачи решены.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аналитическая химия. Методы разделения веществ и гибридные методы анализа [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Ганеев [и др.] ; Под ред. Л. Н. Москвина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 332 с.—URL : <http://e.lanbook.com> (дата обращения 20.05.2019).
2. Баранов, Д. А. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. А. Баранов. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 408 с.URL : <http://e.lanbook.com/> (дата обращения 25.05.2019).
3. Ветошкин, А. Г. Основы инженерной экологии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 332 с.—URL: <https://e.lanbook.com/book/107280> (дата обращения 20.05.2019).
4. Ветошкин, А. Г. Технические средства инженерной экологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. — 1-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 424 с. — URL : <http://e.lanbook.com/book/107281> (дата обращения 21.05.2019).
5. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2). — Введ. 1977.01.01. — М. : Изд-во стандартов, 2007. — 6 с.
6. ГОСТ 2-2013 Селитра аммиачная. Технические условия (с Изменением № 1, с Поправкой). — Введ. 2014-07.01 [Электронный ресурс] — URL : <http://docs.cntd.ru/document/1200107273> — 26 с. (дата обращения 20.05.2019).
7. Толстик, А. М. Изучение фазового перехода испарение - конденсация. Методические указания для выполнения лабораторной работы [Электронный ресурс] : методические указания / А. М. Толстик . — Томск : ТГУ, 2015. — 16 с. — URL : <https://vital.lib.tsu.ru> (дата обращения 21.05.2019).

8. Какарека, С. В. Аммиак в атмосферном воздухе источники поступления, уровни содержания, регулирование / С. В. Какарека, А. В. Мальчихина— Минск: Белорусская наука, 2016. — 255 с.

9. Макаренко, Л. Н. Известково-аммиачная селитра / Л. Н. Макаренко, Ю. А. Смирнов // Химизация сельского хозяйства. – 1988. № 12. – С. 69-71.

10. Миниович, М. А. Соли азотной кислоты (нитраты) / М. А. Миниович. — М. : Химия, 1976. – 168 с.

11. Миниович М. А. Производство аммиачной селитры / М. А. Миниович. – М. : «Химия», 1974. – 240с.

12. Олевский, В. М. Развитие производства аммиачной селитры из некондиционной азотной кислоты с применением агрегатов большой единичной мощности / В. М. Олевский, М. Л. Ферд // Ж. Всес. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. – 1983. т. 28, № 4. – С. 27 –33.

13. Панин, В. Ф. Экология. Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления глобального экологического кризиса. Обзор современных принципов и методов защиты биосферы [Электронный ресурс]: учебник / В. Ф. Панин., А. И. Сечин., В. Д. Федосова. – Томск: Томский политехнический университет, 2014. – 331 с. URL : <http://www.iprbookshop.ru/34735.html>.— ЭБС «IPRbooks» (дата обращения 22.05.2019).

14. Пат. 2147554 Российская Федерация, МПК C01C1/00 Способ получения гранулированной аммиачной селитры / С. Е.Белецкая, Л.Н. Довженко, Л. Ф. Енин, В. К. Киселев, В. А. Левченко, С. В. Мазниченко, В. А. Степанов, В. А. Швец, Л. И Шутенко, Н. А. Янковский ; заявитель и патентообладатель Горловское открытое акционерное общество «Концерн Стирол». – заявл. 26.04.1999; опубл. 20.04.2000.

15. Пат. 2380134 Российская федерация, МПК B01D29/11 Рукавный фильтр / А. С. Ведяшкин ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального

образования "Калининградский государственный технический университет" (RU); заявл. 2008.12.03, опубл. 27.01.2010.

16. Пат. 2290983 Российская Федерация, МПК В01D 29/11 Рукавный фильтр / С. С. Бобов, А. И. Вольхин, Б. Е. Екимов, Б. А. Коновалов, А. Ф. Костин, И. Д. Плеханов, В. В. Сериков ; заявитель и патентообладатель ЗАО «Кыштымский медеэлектролитный завод»; заявл. 17.01.2005, опубл. 10.01.2007.

17. Постоянный технологический регламент ТР 3-1 производства селитры аммиачной и КАС цеха №3 (в трёх книгах) – Тольятти, 2017. – 160 с.

18. Постников, А. В. Известково-аммиачная селитра - ценное азотное удобрение / А. В. Постников // Земледелие. – 1984. – № 2. – С.14.

19. Постников, А. В. Производство и применение известково-аммиачной селитры / А. В. Постников // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 9. – С. 68-73.

20. Расчет и проектирование аппаратов для механических и гидромеханических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсовому проектированию по дисциплине «Процессы и аппараты» / А. Н. Остриков [и др.]. – СПб.: Троицкий мост, 2018. – 360 с. URL: <http://lib.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=487785> (дата обращения 22.05.2019).

21. Романков, П. Г. Массообменные процессы химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ П. Г Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк – СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. – 440 с. URL : <http://www.iprbookshop.ru/67361.html>. (дата обращения 21.05.2019).

22. Справочник азотчика / под общ. ред. Е. Я. Мельникова. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1987. – 464 с.

23. Сухая очистка газов от пыли. Примеры расчета аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие / сост. М. И. Ключенкова, Л. В. Суркова, Н. А. Кузнецова под, ред. М. Г. Беренгартен – Саратов: Вузовское

образование, 2016. – 38 с. URL : <http://www.iprbookshop.ru/52013.html>. (дата обращения 25.05.2019).

24. Таран, А. Л., Получение известково-аммиачной селитры в грануляционных башнях производства аммиачной селитры / У. В. Долгалёв, Ю. А. Таран // Химическая техника. – 2006 – № 1. – С. 28-31.

25. Олевский, В. М. Технология аммиачной селитры / В. М. Олевский. – М. : Химия, 1978. – 312 с.

26. ТУ 113-03-629-90 «Удобрения жидкие азотные (КАС). [Электронный ресурс]. URL : <http://docs.cntd.ru/document/471855738> (дата обращения 23.05.2019).

27. ТУ 6-13-3-88 Полиамид 6 вторичный [Электронный ресурс]. URL : <http://ntcp.ru/work/library/5039/6277>. (дата обращения 24.05.2019).

28. Ульянов, В. М. Технологические расчеты машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств. Примеры и задачи: учебное пособие / В. М. Ульянов, А. А. Сидягин, В. А. Диков. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2015. – 633 с.

29. Физико-химические и взрывчатые свойства аммиачной селитры: учебное пособие / И. Ю. Сахаров [и др.]. – Казань : КНИТУ, 2016. – 180 с.

30. Ягодовский, В. Д. Адсорбция : учебное пособие / В. Д. Ягодовский. – Москва: Изд-во "Лаборатория знаний", 2015. – 219 с.

31. Ajupov, A. A. Artamonov A.B., Kurilov K.U., Kurilova A.A. Reconomic bases of formation and development of financial engineering in financial innovation / A. A. Ajupov [and other] // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2014. – Т. 5. – № 24. – P. 149.

32. Cui, Z. F. Membrane Technology / Z. F. Cui, – Publishing LINK, 2010. – P.352.

33. Totally Integrated Automation in Agrochemicals and Fertilizer. Siemens AG. [Электронный ресурс]. URL: [www.siemens.com/chemicals/fertilizer](http://www.siemens.com/chemicals/fertilizer) (дата обращения 20.05.2019).

34. Rajindar, S. Membranes Technology ebook Collection / S. Rajindar. – Publishing Elsevier Science, 2016. – P. 1616.

35. Schaschke, Carl. [Электронный ресурс] Dictionary of Chemical Engineering / C. Schaschke. – Publishing Oxford Academ, 2014/ – P. 448. – URL : [twirpx.com>file/1381269/](http://twirpx.com/file/1381269/) (дата обращения 19.06.2019).