

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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)

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))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Оптимизация процесса получения аммиачной селитры с позиции
ресурсосбережения на примере предприятия ПАО «КуйбышевАзот»

Студент

Р.М. Лутовинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.Н. Шевченко

(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)

« _____ » _____ 2018г.

Тольятти 2018

Аннотация

Бакалаврскую работу выполнил: Лутовинов Роман Михайлович

Тема работы: Оптимизация процесса получения аммиачной селитры с позиции ресурсосбережения на примере предприятия ПАО «КуйбышевАзот»

Научный руководитель: Шевченко Ю.Н.

Цель бакалаврской работы: снижение количества потребляемого пара, необходимого при производстве аммиачной селитры на предприятии ПАО «КуйбышевАзот».

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

1. Рассчитать количество пара необходимое для производства аммиачной селитры, фактически выпускаемой на данный момент.
2. Проанализировать результаты расчетов и фактическое потребление пара.
3. Предложить методы для эффективной работы оборудования с позиции энергосбережения.

Краткие выводы по бакалаврской работе:

Бакалаврская работа состоит из введения, трех частей, заключения, списка используемых источников, приложений.

Во введении дана краткая характеристика предприятия ПАО «КуйбышевАзот».

В первой части описана общая характеристика производства аммиачной селитры; предоставлены сведения о проведенных реконструкциях; описан химико-технологический процесс получения селитры аммиачной и технологическая схема ее получения; предоставлен материальный баланс.

Во второй части рассмотрена аппаратная часть системы пароснабжения цеха.

В третьей части произведены расчеты количества пара необходимого для процесса выпаривания раствора аммиачной селитры в выпарных аппаратах.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, трех частей, заключения, списка используемых источников из 38 источников и двух приложений. Общий объем работы, без приложений 45 страницы машинописного текста, в том числе таблиц - 2, рисунков – 20.

Содержание

Введение	5
1 Производство селитры аммиачной	7
1.1 Общая характеристика производства селитры аммиачной	7
1.2 Сведения о реконструкциях	8
1.3 Описание химико-технологического процесса получения селитры аммиачной	10
1.4 Область применения селитры аммиачной	11
1.5 Материальный баланс цеха	12
1.6 Описание технологической схемы получения селитры аммиачной	14
2 Аппаратная часть системы пароснабжения цеха	23
3 Расчетная часть	37
Заключение	40
Список используемых источников	41
Приложение А	46
Приложение Б	49

Введение

Завод «КуйбышевАзот» был основан в 1966 году. Предприятие расположено в г. Тольятти, Самарской области. Площадь компании - 300 Га, среднесписочная численность работающих - 5 143 человек.

Завод «КуйбышевАзот» является лидером в производстве капролактама, полиамида, текстильных и технических нитей в России, СНГ и странах Восточной Европы. Он является одним из ведущих предприятий российской химической промышленности и входит в первую десятку предприятий отечественной азотной промышленности.

Свою деятельность предприятие осуществляет по двум основным направлениям:

- капролактама и продукты его переработки;
- аммиак и азотные удобрения.

Завод «КуйбышевАзот» также производит технологические газы, которые обеспечивают потребности основных бизнес-направлений, и также являются самостоятельными товарными продуктами.

На предприятии существуют следующие технологические производства:

- Полиамид-6 – гранулят ПА-6, высокопрочная техническая нить, кордная ткань, инженерные пластики в режиме СП.
- Азотные удобрения – карбамид, аммиачная селитра, удобрения жидкие азотные (КАС).
- Капролактама – капролактама, циклогексан, циклогексанон.
- Технологические газы – аргон, азот.
- Аммиак – аммиак, аммиачная вода.

«Одним из главных элементов стратегии развития

ПАО «КуйбышевАзот» является сохранение и защита окружающей среды, уменьшение техногенной нагрузки на нее и снижение потребления ресурсов.

Для достижения этой цели внедряются малоотходные, энерго- и ресурсосберегающие технологии, совершенствуется оборудование и реконструируются действующие производства. Каждый проект предприятия на всех этапах, от разработки до реализации, осуществляется с учетом экологической составляющей. Предприятие «КуйбышевАзот» в своей деятельности придерживается принципов открытости для общественности, стремится полно и достоверно раскрывать отчетность о своем воздействии на окружающую среду. В 2016 г. по итогам рейтинга агентства «Интерфакс-ЭРА» ПАО «КуйбышевАзот» было признано лидером экологической прозрачности в химической промышленности» [38].

Особое внимание уделяется культуре производства и содержанию промплощадки в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями.

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 росте 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.

Основные принципы деятельности компании в направлении экологии, пожарной безопасности и охраны труда определены «политикой ПАО «КуйбышевАзот» в области качества, экологии, охраны труда и промышленной безопасности».

«Предприятие содействует профессиональной подготовке инженеров-экологов на базе института химии и инженерной экологии Тольяттинского госуниверситета» [38].

1 Производство селитры аммиачной

1.1 Общая характеристика производства селитры аммиачной

Производство аммиачной селитры по схеме АС-60 было введено в эксплуатацию в декабре 1965 года.

Полное наименование производства – производство селитры аммиачной и удобрений жидких азотных (КАС).

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.

Достигнутая мощность производства селитры аммиачной в 2016 г. составила 612 тыс. т/год.

Цех работает 355 дней в году (за вычетом планово-предупредительных ремонтов). Один раз в два года выполняется капитальный ремонт оборудования.

«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»[36].

Организации, выполнявшие проектную документацию:

- Генеральный проектировщик производства селитры аммиачной - Государственный научно – исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза (ГИАП) г. Москва. Проект 1957 года.
- Проектировщик технологической части – Северодонецкий филиал ГИАП. Проект 1957 года.

- Разработчик технологического процесса - Государственный научно – исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза (ГИАП) г. Москва.

1.2 Сведения о реконструкциях

1. В 1968 году по проектам Северодонецкого филиала ГИАП и Ростовского института «Промстройинипроект» смонтирована скрубберная установка по переработке газов дистилляции цеха карбамида с получением аммиачной селитры. Проектная мощность скрубберной установки 100 тыс. тонн в год, 100 % аммиачной селитры при переработке 4000 м³/ч отходящих газов карбамида с содержанием аммиака не менее 80,8 % об.

2. В 1969 году по проекту ГИАП производство реконструировано путем замены горизонтальных выпарных аппаратов II ступени вертикальными с установкой доупарочных аппаратов. Реконструкция направлена на улучшение качества аммиачной селитры.

3. В 1970 году по проекту ГИАП производство реконструировано путем замены одного «кипящего слоя» двойным «кипящим слоем». Реконструкция направлена на снижение температуры готового продукта. Реконструкция выполнена на двух грануляционных башнях.

4. В 1971-1972годах по проекту Северодонецкого филиала ГИАП выполнены следующие работы по уменьшению сброса загрязненных вод и выбросов в атмосферу:

- установка новых ловушек после аппаратов ИТН;
- реконструкция выпарных аппаратов I ступени с заменой существующего сепаратора сепаратором новой конструкции;
- в отделении грануляции установка сепараторов II ступени новой конструкции с промывкой сокового пара;
- установка дополнительной одной емкости 25 м³ и насосов к ней для конденсата сокового пара;

– установка поверхностного конденсатора для конденсации сокового пара после продувки выпарных аппаратов I ступени, расширителей раствора, аппаратов ИТН, сборников раствора.

5. В 1971 году производство переведено на использование в качестве антислеживающей добавки азотнокислого раствора магнезита.

6. В 1984 году по проекту Тольяттинского филиала ГИАП введена в эксплуатацию установка для глубокой очистки воздуха после доупарочных аппаратов от пыли аммиачной селитры и аммиака в орошаемых промывателях.

7. 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.

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

9. 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.

10. 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.

11. В 2012 году на основании проведенного технического перевооружения был внедрен проект 024.11.03-602-ИОС1 «Система охлаждения воздуха перед подачей его в аппараты кипящего слоя гран башен цеха аммиачной селитры. Расширение». Генеральный проектировщик ПКБ

ОАО «КуйбышевАзот». Проектировщик, разработчик технологического процесса – ООО «ЛадаХим», г. Тольятти.

12. В 2013 году введена в действие установка переработки конденсата сокового пара (КСП) цеха №3 в корпусе 612 производства аммиачной селитры и КАС. Генеральный проектировщик – ПКБ ОАО «КуйбышевАзот». Проектировщик, разработчик технологического процесса – Новомосковский филиал НИАП и компания «Мега» (Чешская Республика).

13. В 2015 году введен в эксплуатацию узел охлаждения КСП корпус 614. Проект выполнен ООО «ЛадаХим» и ПКБ ОАО «КуйбышевАзот».

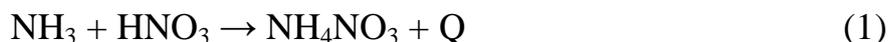
14. В 2016 году введен в эксплуатацию узел сбора и откачки сточных вод корпус 601Г. Проект выполнен ПКБ ПАО «КуйбышевАзот».

1.3 Описание химико-технологического процесса получения селитры аммиачной

Селитра аммиачная образуется при взаимодействии газообразного аммиака и неконцентрированной азотной кислоты.

Кроме газообразного аммиака для получения селитры аммиачной используются газы дистилляции производства карбамида.

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



Процесс получения гранулированной селитры аммиачной состоит из следующих стадий:

– 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.

– 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.

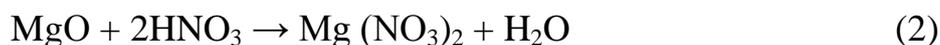
– Узел охлаждения воздуха перед аппаратами кипящего слоя (АКС) грануляционных башен.

– Транспортирование и обработка готового продукта антислеживающей добавкой.

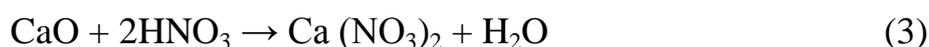
– Упаковка, отгрузка и хранение готового продукта.

Получение раствора нитрата магния

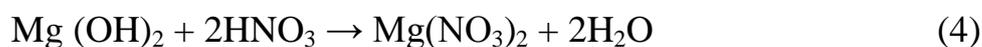
Процесс получения водного раствора нитрата магния с применением магнезита протекает по реакции:



Одновременно протекает реакция примесей, солей Ca^{2+} :



Процесс получения водного раствора нитрата магния из брусита протекает по реакции:



1.4 Область применения селитры аммиачной

Селитра аммиачная представляет собой вещество, содержащее азота не менее 34,4%.

По сравнению со многими другими твердыми азотными удобрениями селитра аммиачная имеет высокое содержание азота и это определяет в основном целесообразность ее использования в сельском хозяйстве в качестве неорганического удобрения. Вносится под различные культуры, на различных почвах.

Для сравнения содержание N_2 (в %) в различных азотных удобрениях:

Сульфат аммония	- 21,1
Селитра аммиачная	- 34,4
Карбамид	- 46

«Селитра аммиачная в значительных количествах используется для промышленных целей, главным образом, в качестве сырья для производства промышленных взрывчатых веществ, широко применяемых в горном деле (добыча угля, руд и других полезных ископаемых), строительстве гидросооружений, тоннелей, каналов и тому подобное»[35].

1.5 Материальный баланс цеха

Материальный баланс цеха составляется на основании таблицы 1 и схемы получения 1 тонны аммиачной селитры (рисунок 1). При составлении материального баланса учитываются такие составляющие как сырье, материалы и энергоресурсы, затраченные на производство 1 тонны аммиачной селитры. И в дальнейшем определяют нормы расхода сырья, материалов и энергоресурсов, необходимые для выпуска запланированного количества выпускаемой аммиачной селитры.

Таблица 1 - Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Норма расхода (кг/т, м³/т, кВтч/т, Гкал/т)
1. Аммиак, кг/т	213,6
2. Кислота слабая азотная, кг/т	800,0
3. Магnezит caуcтичecкий, кг/т	3,5
4. Азот газообразный, м ³ /т	22,0
5. Электроэнергия, кВтч/т,	22
6. Пар, Гкал/т	0,36
7. Конденсат возвратный в заводскую сеть, т/т	0,33

Материальный баланс

Схема получения 1 тонны аммиачной селитры

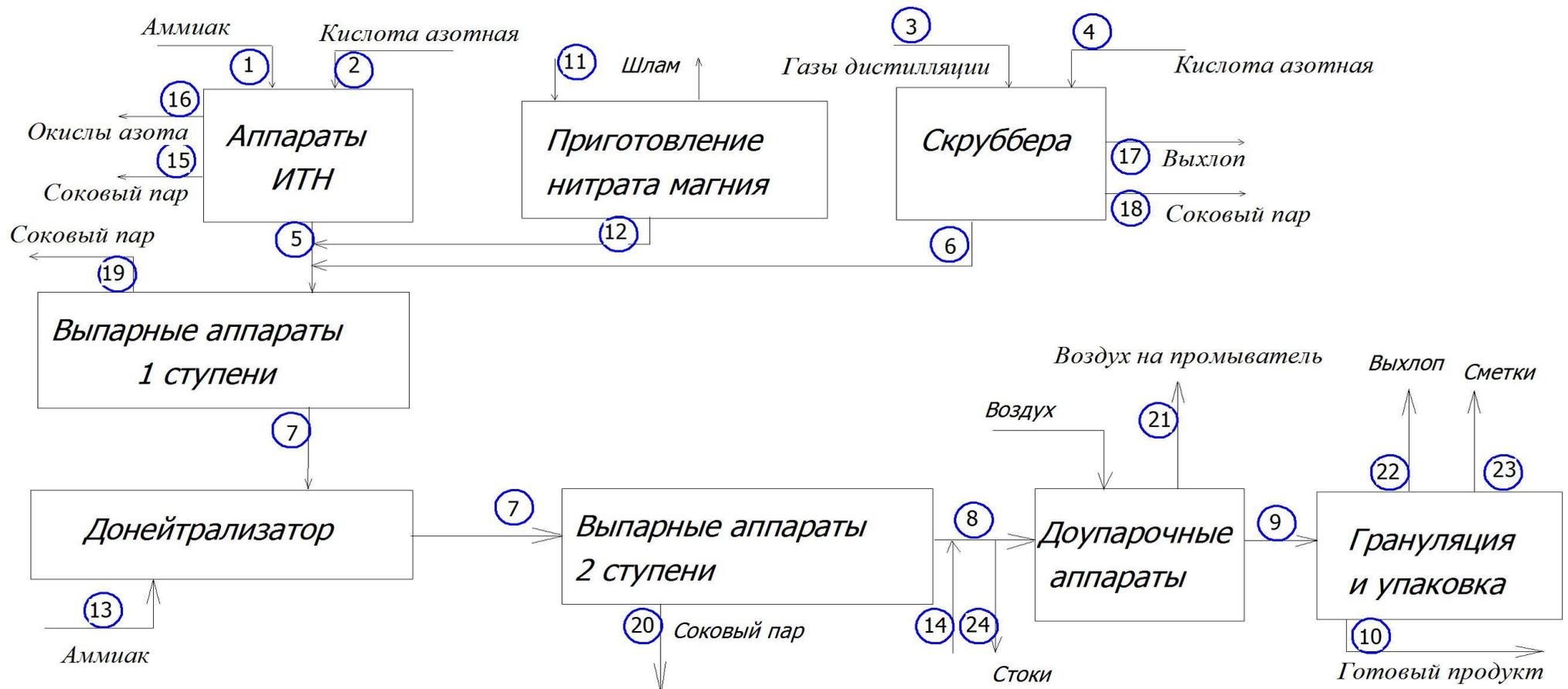


Рисунок 1 - Схема получения 1 тонны аммиачной селитры (материальный баланс)

1.6 Описание технологической схемы получения селитры аммиачной

Получение раствора нитрата магния

Для разложения магнезита требуется не только достаточное количество кислоты, но и воды, поэтому при реакции используется кислота пониженной концентрации. Процесс осуществляется в реакторах периодического действия в несколько стадий:

I-я стадия – приготовление 28-30 % азотной кислоты путем разбавления кислоты азотной неконцентрированной конденсатом сокового пара.

II-я стадия – порционная пневмозагрузка магнезита в реактор. Разложение магнезита продолжается 3-4 часа при перемешивании воздухом.

III стадия – окончательное разбавление азотнокислой вытяжки конденсатом сокового пара до содержания MgO не менее 100 г/л. Среда слабощелочная, нейтральная.

IV стадия – полученный раствор при непрекращающемся барботаже сливается в емкость. Для исключения оседания частиц в емкости осуществляется перемешивание раствора путем подачи воздуха в нижнюю часть сборника.

Насосом осуществляется циркуляция неосветленного раствора через теплообменник с возвратом в емкость.

V стадия – после снижения температуры раствора до 50°C, насосом неосветленный раствор выдается на фильтрацию от не растворившихся частиц на пресс-фильтр.

Пресс-фильтр – предназначен для напорной фильтрации жидкостей и суспензий с одновременным получением максимально сухой фильтровальной лепешки, то есть оставшихся внутри камер пресс-фильтра твердых частиц.

В закрытом состоянии, внутри пресс-фильтра образуется пространство с пластинами, покрытыми фильтровальной тканью, куда заливается фильтруемая среда через входное отверстие над опорной головкой.

Твердые частицы задерживаются на фильтровальной ткани. Фильтрат, который прошел через фильтровальную ткань, попадает в систему слива пластины, а оттуда, от соединения выхода фильтрата на опорной головке пресс-фильтра направляется в трубопровод-коллектор.

Когда пресс-фильтр открывается, пластины фильтрации постепенно раздвигаются, и шлам магнезита между ними опорожняется в поддон и далее сбрасывается по рукаву в накопительный контейнер. Затем шлам из контейнера выгружается в кузов автомобиля и вывозится для захоронения на полигон.

Слив осветленного раствора производится в сборник, откуда насосом подается в процесс получения аммиачной селитры.

Нейтрализация азотной кислоты газообразным аммиаком в аппарате ИТН

Кислота азотная неконцентрированная с концентрацией не менее 46% подается со склада азотной кислоты в напорный бак азотной кислоты.

Из напорного бака азотная кислота поступает в аппараты ИТН и скруббера-нейтрализаторы, а также на производство КАС и на приготовление нитрата магния.

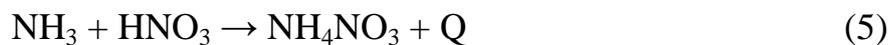
Процесс нейтрализации азотной кислоты ведется газообразным аммиаком. Газообразный аммиак поступает из общезаводской сети.

Азотная кислота и аммиак подаются в нейтрализационную часть ИТН противотоком по трубопроводам, на концах которых имеются распределительные устройства – кислотный и аммиачный барботеры. Это позволяет создавать в аппарате наибольшую поверхность контакта между жидкостью и газом.

В кольцевом пространстве из раствора дополнительно выделяются соковые пары. Интенсивная циркуляция жидкости между нейтрализационной

и циркуляционно-испарительной частями аппарата ИТН создается вследствие разности плотности раствора в обеих частях аппарата.

Процесс нейтрализации азотной кислоты идет по реакции:



Тепло, которое выделяется в результате реакции нейтрализации, используется в аппарате ИТН для упаривания раствора NH_4NO_3 до концентрации 63-71%, в зависимости от температуры и концентрации исходного сырья.

Процесс ведется с поддержанием слабокислой среды.

Щелока, содержащие избыток кислоты 1-5 г/л, поступают в выпарной аппарат или в сборник слабых щелоков.

Соковый пар из аппарата ИТН поступает в промыватель сокового пара для отмывки от брызг аммиачной селитры и азотной кислоты.

Отмывка от азотной кислоты и аммиачной селитры происходит на ситчатых тарелках промывателя за счет конденсации части сокового пара. Раствор, который образуется в результате конденсации и отмывки, стекает в аппарат ИТН.

Соковый пар после отмывки поступает в выпарной аппарат I ступени, где используется тепло его конденсации для выпаривания влаги из щелоков.

Нейтрализация азотной кислоты аммиаком, содержащимся в газах дистилляции

Газы дистилляции из цеха производства карбамида поступают в скруббера-нейтрализаторы и распределяются через барботеры, которые расположены внутри реакционных стаканов.

В реакционные стаканы поступает азотная кислота и также распределяется через барботеры.

Нейтрализация кислоты газообразным аммиаком в скруббере ведется с поддержанием кислой среды.

Для предотвращения образования взрывоопасной газовой смеси в скруббер–нейтрализатор подается газообразный азот.

Раствор после скруббера–нейтрализатора с содержанием избытка кислоты не менее 15 г/л поступает в гидрозатвор, откуда за счет вакуума поступает в вакуум – испаритель. В вакуум–испарителе раствор под вакуумом вскипает, при этом охлаждаясь до температуры 80-95°С.

Из вакуум–испарителя раствор поступает в бак-гидрозатвор, откуда насосом подается на орошение скруббера–нейтрализатора и выдвается в сборник.

Избыток образовавшегося раствора через промежуточный сборник поступает в выпарной аппарат, где происходит упаривание раствора.

Выхлопные газы после скрубберов–нейтрализаторов поступают в сепаратор, служащий для сбора конденсата, скапливающегося в выхлопной трубе, с последующей откачкой собранного конденсата в сборник.

Несконденсированный газ из сепаратора выбрасывается в атмосферу через 70-метровую выхлопную трубу. Содержание вредных веществ в общем выхлопе контролируется санитарной лабораторией.

Соковый пар, который образуется в вакуум–испарителе проходит промыватель сокового пара, где частично отмывается от азотной кислоты и селитры аммиачной образующимся конденсатом сокового пара.

Соковый пар после промывателя поступает в поверхностный конденсатор, где он конденсируется.

Конденсат сокового пара из конденсатора поступает в сборник кислого конденсата.

Инертные газы отсасываются вакуум–насосами или вакуумом, создаваемым свободным сливом воды в барометрических трубах, подаваемой по замкнутой петле. После вакуум–насосов инертные газы выбрасываются в атмосферу.

В цехе смонтированы две аналогичные скрубберные установки, работающие параллельно или каждая в отдельности.

Предварительное упаривание раствора селитры аммиачной

Раствор селитры аммиачной, полученный в результате процесса нейтрализации, упаривается в выпарном аппарате до концентрации 78-86% за счет тепла конденсации сокового пара, поступающего из аппарата ИТН. Процесс упаривания проводится под вакуумом, что позволяет использовать тепло конденсации сокового пара, так как температура кипения щелоков концентрацией 78-86% при вакууме составляет 85-95°C.

Поднимаясь по трубкам выпарного аппарата, раствор нагревается в нижней части и начинает вскипать. В результате вскипания образуется легкоподвижная парожидкостная эмульсия. При этом образующийся пар заставляет жидкость двигаться по стенкам трубок вверх в виде пленки, что способствует интенсивному упариванию. Пройдя трубчатую часть выпарного аппарата, парожидкостная эмульсия попадает в сепаратор–промыватель, установленный в верхней части выпарного аппарата.

В нижней части сепаратора, в результате снижения скорости парожидкостной эмульсии, происходит отделение раствора от сокового пара. Раствор из нижней части сепаратора стекает в гидрозатвор–донецитризатор.

Соковый пар в сепараторе выпарного аппарата проходит последовательно три ситчатые тарелки, на которых он отмывается от селитры аммиачной и азотной кислоты конденсатом, стекающим по тарелкам сверху вниз. Конденсат образуется в результате конденсации части сокового пара.

Из сепаратора–промывателя соковый пар поступает в поверхностные конденсаторы, где конденсируется. Конденсат после конденсаторов стекает в сборник конденсата сокового пара. Инертные газы отсасываются с помощью системы, в которой используется энергия свободно падающей в трубопроводе воды или вакуум–насосами, и далее выбрасывается в атмосферу.

Выпарка II ступени и доупаривание плава

Упаривание раствора от концентрации 78-86% до концентрации 95-98,5% производится в выпарных аппаратах II ступени под вакуумом, в которые подается греющий насыщенный пар давлением 10 кгс/см². Процесс выпаривания ведется при температуре 150-170°C, во избежание термического разложения плава аммиачной селитры.

Раствор из сборника подается в напорный бак щелоков.

Поступая в трубки выпарного аппарата, раствор закипает, с выделением большого количества пузырьков пара, которые поднимаются вверх и увлекают с собой раствор, поднимая его по стенкам.

Образующаяся при этом парожидкостная эмульсия с большой скоростью выбрасывается из верхней части трубок в сепаратор I ступени, где происходит отделение плава от сокового пара. Плав из нижней части сепаратора стекает в гидрозатвор, где нейтрализуется аммиаком до избытка 0,1-0,2 г/л и через коллектор плава поступает в доупарочный аппарат. Подача аммиака в гидрозатворы постоянна.

Соковый пар из сепаратора I ступени поступает в сепараторы-промыватели II ступени для промывки от брызг селитры аммиачной NH_4NO_3 и улавливания аммиака из сокового пара.

Сепаратор-промыватель снабжен перфорированными тарелками для очистки сокового пара от брызг раствора селитры аммиачной и аммиака. Рабочее давление – вакуум создается за счет конденсации соковых паров в поверхностных конденсаторах и за счет энергии свободно подающей воды в барометрических трубах.

Промывка сокового пара от аммиака и брызг селитры аммиачной

Промывка сокового пара от аммиака и брызг селитры аммиачной осуществляется конденсатом сокового пара, который подается на нижнюю ситчатую тарелку сепаратора.

Соковый пар после сепаратора-промывателя поступает в поверхностный конденсатор и конденсируется. Полученный конденсат

подается в сборник. Инертные газы отсасываются с помощью барометрической трубы.

Качество отмывки сокового пара от аммиака и брызг селитры в сепараторах I ступени зависит от концентрации раствора на выходе из сепараторов, которая должна быть в пределах 10-25% NH_4NO_3 . При увеличении концентрации раствора растут потери с соковым паром, при снижении концентрации происходит значительное разбавление раствора в сборнике. Промывной циркулирующий раствор должен содержать 30-50 г/л азотной кислоты, при уменьшении кислотности подаваемого циркулирующего раствора увеличиваются потери аммиака с соковым паром, при увеличении кислотности раствора происходит закисление раствора в сборнике.

Доупаривание плава

Плав из гидрозатвора по общему коллектору поступает в доупарочный аппарат.

Плав в аппарат поступает сверху на распределительную решетку, откуда он равномерно тонкой пленкой стекает по внутренней части поверхности трубок, обогреваемых снаружи паром с температурой 190-200°C, навстречу горячему воздуху, подаваемому вентиляторами через подогреватель воздуха с температурой 175-195°C.

Плав, по мере стекания по трубкам, концентрируется и выходит из аппарата с концентрацией 99,5-99,7%, по коллектору стекает в буферный бак, откуда направляется в разбрызгиватель плава - гранулятор. В буферном баке плав нейтрализуется аммиаком.

Воздух, проходя по трубкам снизу-вверх, отбирает влагу, содержащуюся в плаве и поступает на очистку в промыватели.

Очистка воздуха после доупарочных аппаратов

Воздух, проходя по трубкам доупарочного аппарата, имея непосредственный контакт с плавом селитры аммиачной, загрязняется аммиаком и селитрой. Далее загрязненный воздух с температурой 165-184°C

поступает в промыватель. В промывателе, пройдя через четыре ситчатых орошаемых тарелки и фильтрующий элемент, воздух выбрасывается в атмосферу.

На верхнюю тарелку промывателей подается закисленный промывной циркулирующий раствор.

Содержание вредных веществ выбрасываемого воздуха после промывателей контролируется санитарной лабораторией по графику контроля промышленных выбросов.

Грануляция плава, сушка и охлаждение гранул

Плав из буферного бака поступает в виброгранулятор, который предназначен для разбрызгивания плава аммиачной селитры.

Перед гранулятором плав проходит кассетный фильтр, где фильтруется от посторонних примесей.

Гранулятор, вращаясь, разбрызгивает плав по всей площади грануляционной башни.

Грануляционная башня – сооружение цилиндрической формы с высотой полета гранул 35м и диаметром 16м, имеет плоскую крышу и конусное дно.

Капли плава селитры аммиачной после гранулятора, во время падения по высоте башни, кристаллизуются, охлаждаются и частично подсушиваются встречным потоком атмосферного воздуха, протягиваемого через грануляционную башню осевыми вентиляторами, которые установлены на потолочном перекрытии башни в вытяжных трубах.

Дальнейшее охлаждение гранулированной селитры аммиачной до температуры не выше 45-50°C производится в аппарате кипящего слоя с двухступенчатым «кипящим слоем». Охлаждение гранул и движение их в аппарате происходит в «кипящем слое», создаваемом воздухом. Гранулы селитры поступают на верхнюю решетку, где охлаждаются, ссыпаются через центральный пересыпной стакан на вторую решетку, где происходит

дальнейшее охлаждение гранул селитры аммиачной, затем через выгрузные патрубки поступают на ленточный конвейер.

2Аппаратная часть системы пароснабжения цеха

Одним из основных энергоресурсов при производстве аммиачной селитры является увлажненный пар давлением 10 кгс/см^2 и 15 кгс/см^2 .

Пар— газообразное состояние вещества в условиях, когда газовая фаза может находиться в равновесии с жидкой или твердой фазами того же вещества, то есть при температурах ниже критической температуры вещества. При низких давлениях и высоких температурах свойства пара приближаются к свойствам идеального газа.

В производстве аммиачной селитры пар является теплоносителем.

Полная схема пароснабжения цеха производства аммиачной селитры, начиная с поступления перегретого пара в цех, его увлажнение, участие в технологическом процессе и возврат парового конденсата в межцеховые коммуникации предоставлена в приложении А на рисунке А.1.

Пар из общезаводской сети с давлением $1,0-1,3 \text{ МПа}$ ($10-13 \text{ кгс/см}^2$) поступает в пароувлажнитель поз.27 через регулирующий клапан и увлажняется конденсатом водяного пара, который в свою очередь образуется после прохождения через выпарные аппараты поз.161-164.

Увлажненный пар с давлением $0,9-1,0 \text{ МПа}$ ($9-10 \text{ кгс/см}^2$) и температурой $175-185^\circ\text{C}$ после пароувлажнителя поз.27 направляется в выпарные аппараты второй ступени поз.161-164, а паровой конденсат сбрасывается в расширитель парового конденсата поз.28 и далее в сборник парового конденсата поз.30.

Перегретый пар давлением $1,5-2,0 \text{ МПа}$ ($15-20 \text{ кгс/см}^2$) из общезаводской сети поступает в пароувлажнитель поз.193 через регулирующий клапан и увлажняется конденсатом водяного пара который в свою очередь образуется после прохождения через доупарочные аппараты поз.167, 168 и подогреватели воздуха поз.169, 170.

Увлажненный пар с давлением 1,2-1,5 МПа (12-15 кгс/см²) и температурой 190-200°С после пароувлажнителя поз.193 направляется в доупарочные аппараты поз.167, 168 и подогреватели воздуха поз.169, 170, а конденсат подается в расширитель парового конденсата поз.28 и далее в сборник парового конденсата поз. 30.

Паровой конденсат из сборника поз.30 насосом поз.31 выдается в общезаводскую сеть.

На данный момент в системе пароснабжения цеха существует ряд недостатков, в основном связанных с увеличением количества выпускаемой продукции:

- увеличен расход пара;
- периодическое заполнение межтрубного пространства паровым конденсатом выпарного аппарата поз.161;
- неуравновешенная работа сборника парового конденсата поз.30;
- ручное (не точное) регулирование пароувлажнителей, в связи с чем происходит не равномерное увлажнение пара.

Пароувлажнитель поз.27

Пароувлажнитель, схематично изображенный на рисунке 1, является редуцирующим охлаждающим устройством. Представляет собой вертикальный герметичный сосуд с вместимостью 1,5 м³. Внутри пароувлажнителя расположены две перфорированные тарелки, которые предназначены для тепло- и массообмена. Через перфорированные тарелки, в нижней части аппарата, подается перегретый сухой пар давлением 13,0 кгс/см² и температурой 220°С. Месячные расход, давление и температура поступающего пара предоставлены на диаграмме в приложении Б рисунки Б.4, Б.5, Б.6. В верхнюю часть аппарата поступает паровой конденсат, с помощью которого происходит насыщение пара. В итоге на выходе из аппарата мы имеем увлажненный пар с давлением 10,0 кгс/см² и температурой 180°С, который учувствует в процессе выпаривания аммиачной селитры.

В конструкции предусмотрена уровневая колонка, для отслеживания количества парового конденсата в аппарате. В нижней части расположен штуцер для выхода парового конденсата. Регулировка уровня парового конденсата в пароувлажнителе происходит за счет ручного регулирования вентилями. Данное регулирование является одним из недостатков аппарата, так как невозможно произвести точную регулировку насыщения перегретого пара паровым конденсатом.

Технические характеристики пароувлажнителя:

Давление на входе в аппарат	13,0 кгс/см ²
Температура на входе в аппарат	220°С
Давление на выходе из аппарата	10,0 кгс/см ²
Температура на выходе из аппарата	180°С
Вместимость	1,5 м ³
Наименование рабочей среды	пар, конденсат

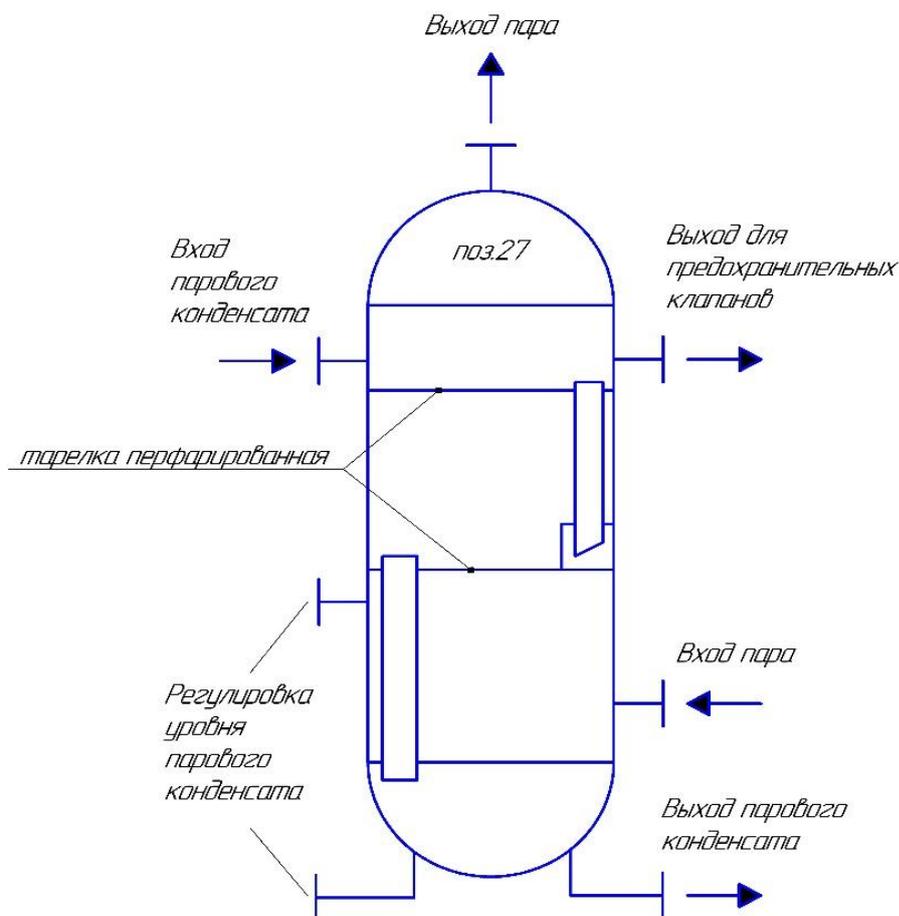


Рисунок 1 – Пароувлажнитель поз.27

Пароувлажнитель поз.193

Пароувлажнитель, схематично изображенный на рисунке 2, также, как и пароувлажнитель поз.27, является редуцирующим охлаждающим устройством. Представляет собой вертикальный герметичный сосуд с вместимостью 0,835 м³. Внутри пароувлажнителя засыпаны беспорядочным образом (валом) кольца Рашига, которые предназначены для тепло- и массообмена. Через кольца Рашига подается перегретый сухой пар давлением 20,0 кгс/см² и температурой 270 °С. Месячные расход, давление и температура поступающего пара предоставлены на диаграмме в приложении Б рисунки Б.1, Б.2, Б.3. В верхнюю часть аппарата поступает паровой конденсат, с помощью которого происходит насыщение пара. На выходе из аппарата мы имеем увлажненный пар с давлением 16,0 кгс/см² и температурой 210°С, который участвует в процессе подогрева воздуха и доупаривание раствора аммиачной селитры.

В конструкции предусмотрена уровнемерная колонка, для отслеживания количества парового конденсата в аппарате. В нижней части расположен штуцер для выхода парового конденсата. Регулировка уровня парового конденсата в пароувлажнителе, также, как и в пароувлажнителе поз.27, происходит за счет ручного регулирования вентилями. Соответственно недостаток данного аппарата идентичен недостатку аппарата поз.27

Технические характеристики пароувлажнителя:

Давление на входе в аппарат	20,0 кгс/см ²
Температура на входе в аппарат	270°С
Давление на выходе из аппарата	16,0 кгс/см ²
Температура на выходе из аппарата	210°С
Вместимость	0,835 м ³
Наименование рабочей среды	пар, конденсат

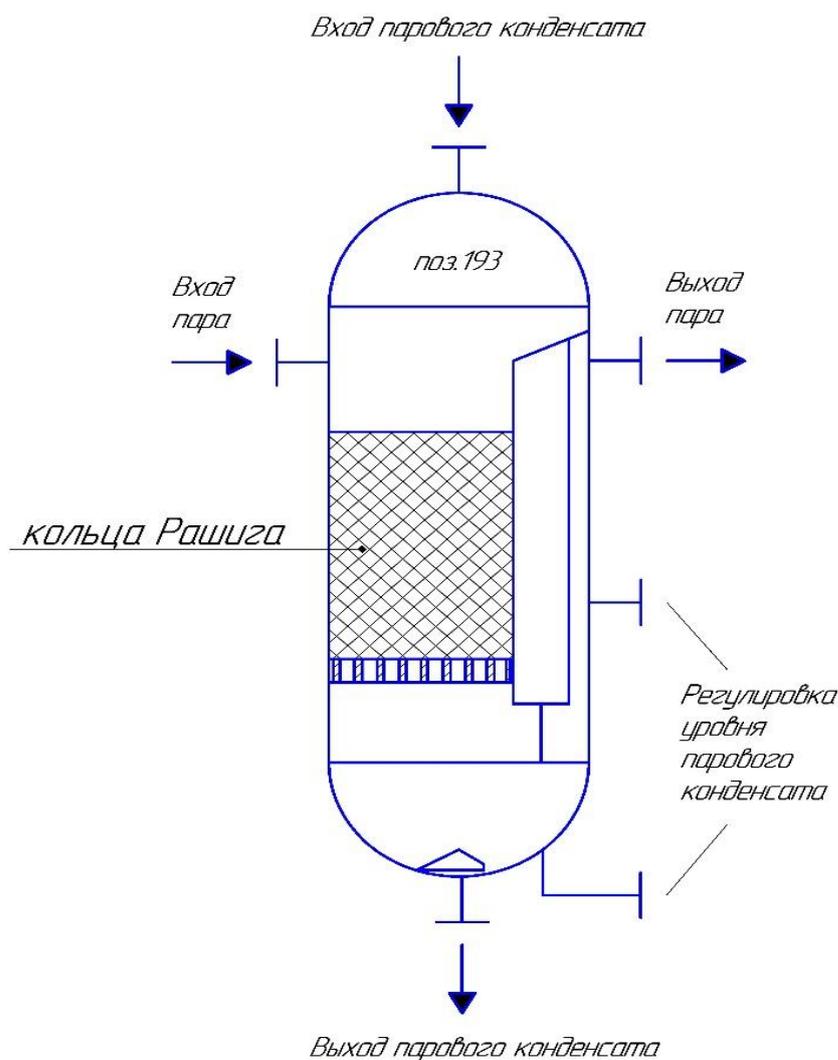


Рисунок 2 – Пароувлажнитель поз.193

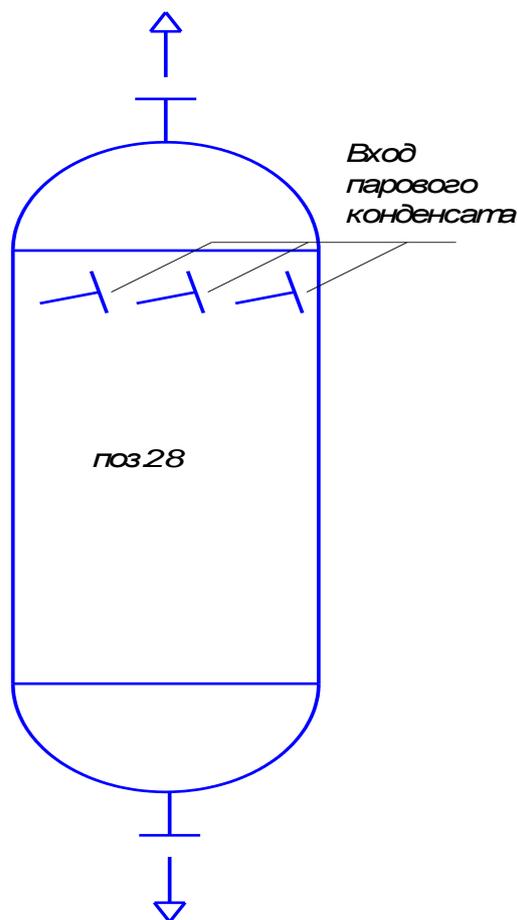
Расширитель парового конденсата поз.28

Расширитель парового конденсата, схематично изображенный на рисунке 3, представляет собой вертикальный герметичный сосуд с вместимостью 3,0 м³. Поток парового конденсата вводится через входные тангенциально вваренные патрубки в верхней части аппарата. В аппарате формируется вращающийся поток газа, который направлен вниз. Вследствие центробежной силы паровой конденсат оседает на стенках аппарата, затем захватывается вторичным потоком и попадает в нижнюю часть, через выпускной штуцер в сборник парового конденсата. Образовавшийся пар вторичного вскипания выводится из аппарата через соосную выхлопную трубу.

Технические характеристики расширителя парового конденсата:

Давление на входе в аппарат	16,0 кгс/см ²
Температура на входе в аппарат	170°С
Давление на выходе из аппарата	0,3 кгс/см ²
Температура на выходе из аппарата	170°С
Вместимость	3,0 м ³
Наименование рабочей среды	пар, конденсат

Выход пара вторичного вскипания



Выход парового конденсата

Рисунок 3 – Расширитель парового конденсата поз.28

Сборник парового конденсата поз.30

Сборник парового конденсата, схематично изображенный на рисунке 4, представляет собой вертикальную цилиндрическую емкость с вместимостью 8,0 м³, в котором происходит сбор парового конденсата, образовавшийся в процессе получения аммиачной селитры. Месячные расход, давление и

температура, выдаваемого в межцеховые коммуникации парового конденсата, предоставлены на диаграмме в приложении Б рисунки Б.7, Б.8, Б.9.

Технические характеристики сборника:

Рабочее давление	атмосферное
Рабочая температура	80°С
Вместимость	8,0 м ³
Наименование рабочей среды	конденсат пара

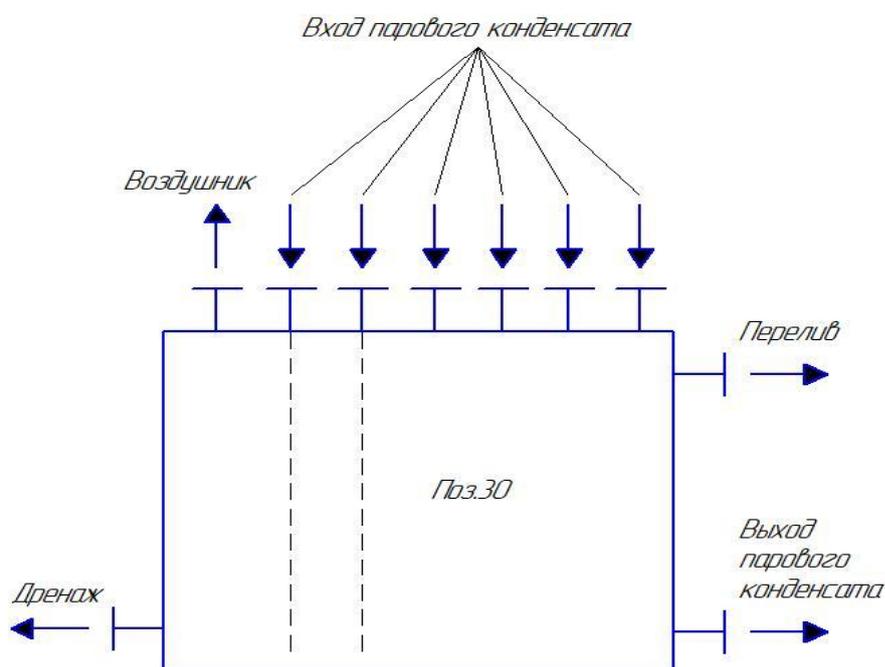


Рисунок 4 – Сборник парового конденсата поз.30

Выпарные аппараты поз.161-164

Выпарной аппарат II ступени, схематично изображенный на рисунке 5, представляет собой вертикальный сварной кожухотрубный теплообменник с плавающей головкой, внутри которого расположена трубчатка из труб диаметром 38 мм, толщиной стенки 2 мм и длиной 5000мм. Количество труб 206 штук.

Выпарной аппарат предназначен для упаривания раствора аммиачной селитры до концентрации 95,0-98,5%.

Поступая в трубки выпарного аппарата, раствор закипает, с выделением большого количества пузырьков пара, которые, поднимаясь вверх, увлекают с собой раствор, поднимая его по стенкам.

Образующаяся при этом парожидкостная эмульсия с большой скоростью выбрасывается из верхней части трубок в сепаратор I ступени, где происходит отделение плава от сокового пара.

Температурный режим работы выпарных аппаратов определяется температурой кипения водных растворов аммиачной селитры при соответствующем давлении (разряжении).

Технические характеристики выпарного аппарата:

Давление пара на входе в аппарат (межтрубное пространство)	10 кгс/см ²
Температура пара на входе в аппарат (межтрубное пространство)	180°С
Давление плава на входе в аппарат (трубное пространство)	650 мм рт.ст.
Температура плава на входе в аппарат (трубное пространство)	90°С
Температура плава на выходе из аппарата	160°С
Вместимость (трубное пространство)	1,35 м ³
Вместимость (межтрубное пространство)	1,25 м ³
Поверхность теплообмена	120 м ²
Наименование рабочей среды (трубное пространство)	плав аммиачной селитры
Наименование рабочей среды (межтрубное пространство)	пар, конденсат пара

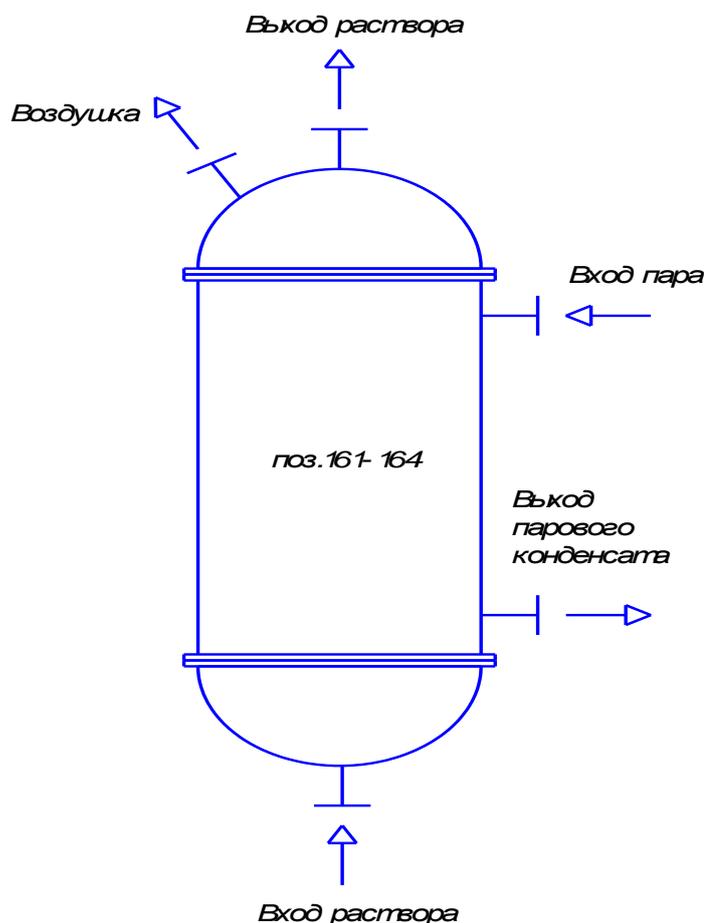


Рисунок 5 – Выпарные аппараты поз.161-164

Доупарочные аппараты поз.167, 168

Доупарочный аппарат, схематично изображенный на рисунке 6, представляет собой вертикальный теплообменник, работающий по принципу падающей пленки для окончательного упаривания раствора аммиачной селитры до концентрации 99,7% воздухом. Корпус аппарата состоит из трех частей верхней, средней и нижней.

Внутри верхней части аппарата размещены опорные кольца, 3 конуса, 80 лопаток.

Над средней частью аппарата размещены распределительный, успокоительный стаканы, регулирующие наконечники, внутри размещены 211 трубок диаметром 51 мм, толщиной стенки 3 мм и длиной 4045 мм, внизу размещены регулирующие наконечники.

Внутри нижней части размещены конус и кольцо.

Доупарочный аппарат предназначен для доупарки раствора аммиачной селитры паром и горячим воздухом.

Плав аммиачной селитры в аппарат поступает сверху на распределительную решетку, откуда он равномерно тонкой пленкой стекает по внутренней части поверхности трубок, обогреваемых снаружи паром с температурой 190-200°C, навстречу горячему воздуху, подаваемому вентиляторами поз. 171, 172 через подогреватель воздуха поз.169, 170 с температурой 175-195°C.

Плав, по мере стекания по трубкам, концентрируется и выходит из аппарата с концентрацией 99,5-99,7%, по коллектору стекает в буферный бак.

Воздух, проходя по трубкам снизу-вверх, отбирает влагу, содержащуюся в плаве и поступает на очистку в промыватели.

Технические характеристики доупарочного аппарата:

Давление пара на входе в аппарат (межтрубное пространство)	16,0 кгс/см ²
Температура пара на входе в аппарат (межтрубное пространство)	200°C
Давление воздуха на входе в аппарат (трубное пространство)	250 мм вод.ст.
Температура воздуха на входе в аппарат (трубное пространство)	195°C
Температура плава на входе в аппарат (трубное пространство)	160°C
Температура воздуха на выходе из аппарата	180°C
Температура плава на выходе из аппарата	180°C
Вместимость (трубное пространство)	9,2 м ³
Вместимость (межтрубное пространство)	5,8 м ³
Поверхность теплообмена	127 м ²
Наименование рабочей среды (трубное пространство)	раствор аммиачной селитры, подогретый воздух

Наименование рабочей среды (межтрубное пар, конденсат пара пространство)

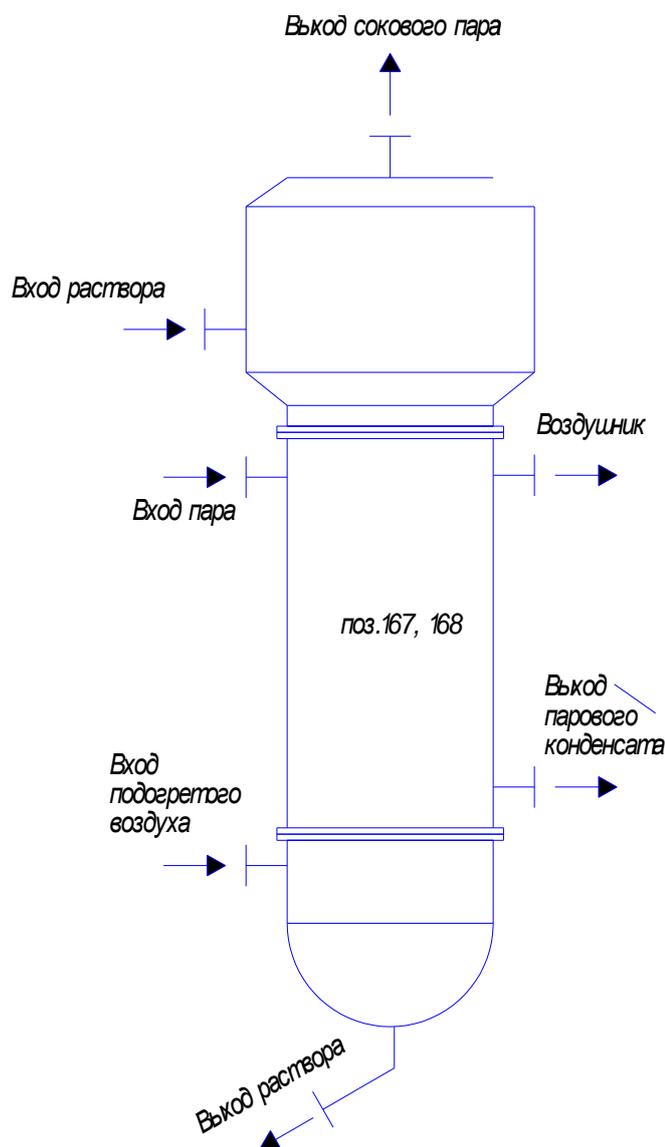


Рисунок 6 – Двупарочные аппараты поз.167, 168

Подогреватели воздуха поз.169, 170

Подогреватель воздуха, схематично изображенный на рисунке 7, представляет собой одноходовой кожухотрубный теплообменник жесткой конструкции. В нижнюю часть с помощью технологического вентилятора подается воздух, а в противоток ему (в межтрубное пространство) подается пар с давлением $16,0 \text{ кгс/см}^2$ и температурой 210°C . После теплообмена получается подогретый воздух с температурой 195°C , который поступает в двупарочный аппарат для дальнейшего использования в процессе.

Технические характеристики подогревателя воздуха:

Давление пара на входе в аппарат (межтрубное пространство)	16,0 кгс/см ²
Температура пара на входе в аппарат (межтрубное пространство)	200°С
Давление воздуха на входе в аппарат (трубное пространство)	500 мм вод.ст.
Давление воздуха на выходе из аппарата	250 мм вод.ст.
Температура воздуха на выходе из аппарата	195°С
Вместимость (трубное пространство)	2,12 м ³
Вместимость (межтрубное пространство)	4,5 м ³
Поверхность теплообмена	332 м ²
Наименование рабочей среды (трубное пространство)	воздух
Наименование рабочей среды (межтрубное пространство)	пар, конденсат пара

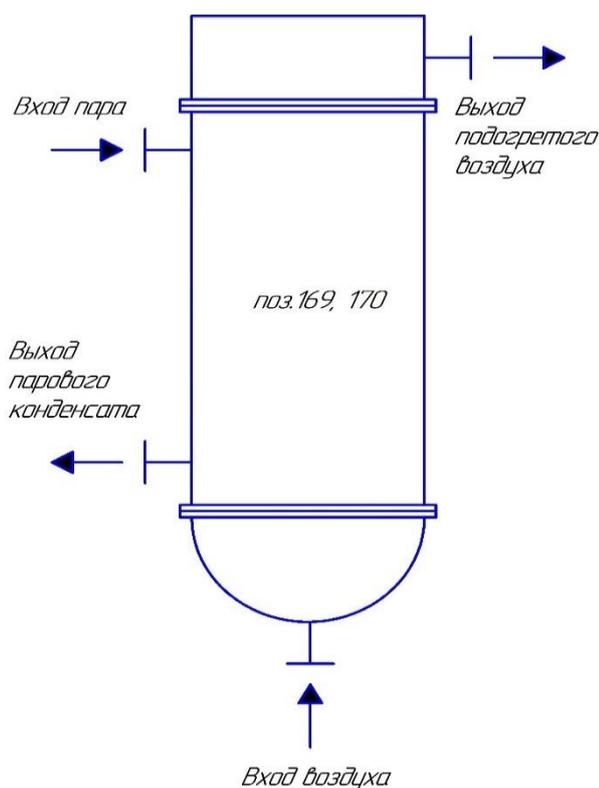


Рисунок 7 – Подогреватели воздуха поз.169, 170

Условия проведения конечной стадии процесса упаривания плава ограничиваются довольно узким температурным интервалом. С одной стороны температура 163-170°C соответствует температуре кристаллизации 99,3-100% аммиачной селитры, с другой – температура 180-190°C установлена из условий безопасного ведения процесса.

Основные показатели процесса:

- температура получаемого пара 178-182°C;
- содержание влаги в подаваемом воздухе 8-20 г/кг.

Температуры паровоздушной смеси после трубчатки 170-180°C, на выходе из аппарата при орошении очистных тарелок 78-85°C.

В таблице 2 представлены данные по годовому расходу пара с давлением 10 и 15 кгс/см² израсходованного для производства селитры аммиачной. А также количество парового конденсата образовавшегося в результате теплообменных процессов и отправленный на ТЭЦ.

Таблица 2 – Расход пара, парового конденсата и селитры аммиачной

Месяц	Количество пара давлением 10 кгс/см², т/ч	Количество пара давлением 15 кгс/см², т/ч	Количество парового конденсата, т/ч	Количество готовой продукции, т/ч
1	2	3	4	5
Апрель	25,2	8,9	28,2	69,5
Май	28,2	9,6	28,8	68,8
Июнь	31,5	9,1	27,0	67,0
Июль	40,0	7,1	21,2	58,1
Август	21,3	8,7	26,2	51,3
Сентябрь	25,1	11,2	26,8	67,1
Октябрь	25,8	9,1	26,0	71,7

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Ноябрь	23,7	11,1	23,8	73,6
Декабрь	24,4	9,6	24,5	72,5
Январь	28,2	9,9	25,2	73,0
Февраль	29,1	8,6	25,6	77,0
Март	30,1	7,3	25,7	83,9

3 Расчетная часть

В данной части проведем расчет выпарного аппарата и сравним полученные результаты с фактическими.

Необходимо определить тепловую нагрузку выпарного аппарата, то есть количество пара необходимое для выпаривания при данной производительности.

Исходные данные:

Производительность ($G_{\text{нач}}$) – 70 т/час = 70000 кг/час = 19,44 кг/с;

Начальная концентрация раствора аммиачной селитры ($x_{\text{н}}$) - 78%;

Конечная концентрация раствора аммиачной селитры ($x_{\text{к}}$) - 95%;

Температура раствора аммиачной селитры на входе в аппарат ($T_{\text{нач}}$) - 87°C;

Температура раствора аммиачной селитры на выходе из аппарата ($T_{\text{кон}}$) - 180°C;

Температура кипения плава аммиачной селитры ($T_{\text{кип}}$) = 129,4°C;

Давление плава в выпарном аппарате ($P_{\text{плава}}$) = 650 мм.рт.ст.;

Давление пара ($P_{\text{пара}}$) = 1 МПа = 10 кгс/см²;

Температура пара ($T_{\text{пара}}$) = 180°C.

Расчет:

Материальный баланс выпарной установки выразим формулой:

$$G_{\text{нач}} = G_{\text{кон}} + W, \quad (1)$$

где $G_{\text{нач}}$ – количество исходного раствора аммиачной селитры, кг/с;

$G_{\text{кон}}$ – количество выпаренного раствора аммиачной селитры, кг/с;

W – массовый расход выпариваемой воды, кг/с.

Производительность выпарной установки по конечному упаренному раствору определяем по формуле:

$$G_{\text{кон}} = \frac{G_{\text{нач}} \cdot x_{\text{н}}}{x_{\text{к}}}, \quad (2)$$

$$G_{\text{кон}} = \frac{19,44 \cdot 78}{95} = 15,46 \text{ кг/с}$$

Производительность выпарной установки по выпариваемой воде определяем по формуле:

$$W = G_{\text{нач}} \cdot \left(1 - \frac{x_{\text{н}}}{x_{\text{к}}} \right), \quad (3)$$

$$W = 19,44 \cdot \left(1 - \frac{78}{95} \right) = 3,48 \text{ кг/с}$$

Тепловой баланс выпарной установки представлен в формуле:

$$Q + G_{\text{нач}} \cdot c_{\text{нач}} \cdot T_{\text{нач}} = G_{\text{кон}} \cdot c_{\text{кон}} \cdot T_{\text{кон}} + W \cdot i_{\text{вт}} + Q_{\text{пот}}, \quad (4)$$

где Q – расход теплоты на выпаривание, Дж;

$c_{\text{нач}}$ – начальная удельная теплоемкость раствора аммиачной селитры ($c_{\text{нач}} = 1840 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$);

$T_{\text{нач}}$ – температура раствора аммиачной селитры на входе в аппарат, °С;

$c_{\text{кон}}$ – конечная удельная теплоемкость раствора аммиачной селитры, Дж/кг·К;

$T_{\text{кон}}$ – температура раствора аммиачной селитры на выходе из аппарата, °С;

$i_{\text{вт}}$ – удельная энтальпия пара ($i_{\text{вт}} = 2784 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$);

$Q_{\text{пот}}$ – потери теплоты на выпаривание, Вт.

Расход теплоты на выпаривание рассчитываем по формуле:

$$Q = G_{\text{нач}} \cdot c_{\text{нач}} \cdot (T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}) + W \cdot i_{\text{вт}} - c_{\text{в}} \cdot T_{\text{кон}} \cdot W + Q_{\text{пот}}, \quad (5)$$

где $c_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воды при конечной температуре ($c_{\text{в}} = 1938 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$).

Потери теплоты определим по формуле:

$$Q_{\text{пот}} = \alpha \cdot F_{\text{нар}} \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{возд}}), \quad (6)$$

где α – суммарный коэффициент теплоотдачи лучеиспускания и конвекции ($\alpha = 19,31 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град}$);

$F_{\text{нар}}$ – площадь наружной поверхности аппарата, м²;

$t_{\text{ст}}$ – температура наружной поверхности изоляции ($t_{\text{ст}} = 180^\circ\text{С}$);

$t_{\text{возд}}$ – температура окружающего воздуха ($t_{\text{возд}} = 40^\circ\text{C}$).

Определим площадь поверхности выпарного аппарата:

$$F_{\text{нар}} = \pi \cdot d \cdot l, \quad (7)$$

где d – диаметр аппарата ($d = 0,8\text{ м}$);

l – длина аппарата ($l = 5\text{ м}$).

По формуле 7 определяем площадь поверхности выпарного аппарата:

$$F_{\text{нар}} = 3,14 \cdot 0,8 \cdot 5 = 12,56\text{ м}^2$$

По формуле 6 находим тепловые потери выпарной установки:

$$Q_{\text{пот}} = 19,31 \cdot 12,56 \cdot 180 - 40 = 33955\text{ Дж}$$

Теперь по формуле 5 найдем количество теплоты необходимое для выпаривания раствора аммиачной селитры:

$$Q = 19,44 \cdot 1840 \cdot 180 - 87 + 3,48 \cdot 2784 \cdot 10^3 - 1938 \cdot 180 + 33955 = 11834885\text{ Дж}$$

Расход греющего пара находим по формуле:

$$G_{\text{п}} = \frac{Q}{r_x \cdot x}, \quad (8)$$

где r_x – удельная теплота конденсации греющего пара ($r_x = 2214 \cdot 10^3\text{ Дж/кг}$);

x – паросодержание ($x = 0,95$).

$$G_{\text{п}} = \frac{11834885}{2214 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 5,63\text{ кг с} = 20268\text{ кг ч} = 20,3\text{ т/ч}$$

Фактический средний расход пара равен 27,7 т/ч

Определим разницу между настоящим и расчетными расходом пара:

$$27,7 - 20,3 = 7,4\text{ т ч}, \text{ что составляет экономию } 27\%.$$

Для учета расхода пара, перед его подачей в аппарат, необходимо установить расходомер. Для регулирования расхода пара необходимо установить регулируемую арматуру (регулирующий клапан) перед подачей пара в аппарат.

Заключение

В данной бакалаврской работе было изучено производство аммиачной селитры, выпускаемой на предприятии ПАО «КуйбышевАзот». При детальном изучении аппаратной части системы пароснабжения цеха были обнаружены некоторые проблемы в работоспособности теплообменного оборудования.

После проведения расчетов выпарных аппаратов выяснилось, что фактически для выпаривания раствора аммиачной селитры увлажненного пара затрачивается на 27% больше, чем необходимо. В связи с тем, что пар является одним из главных энергоресурсов в производстве, необходимо принять меры для уменьшения его потребления.

Для более эффективной работы выпарных аппаратов предлагаю на линии пара, перед входом в аппарат, установить расходомер и регулирующий клапан, схематично изображенные в приложении А на рисунке А.3. С помощью расходомера будет отслеживаться количество пара подаваемого в аппарат, а регулирующий клапан автоматически отрегулирует необходимый расход.

Список используемых источников

1. Айнштейн В.Г., М. К. Захаров М.К., Г. А. Носов Г.А. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс [Электронный ресурс]/БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва, 2014. — 1758 с. ISBN 978-5-9963-2214-5
2. Амирханов Д.Г., Амирханов Р.Д. Техническая термодинамика: учебное пособие / Издательство КИНТУ, Казань, 2014. – 264 с. – ISBN 978-5-7882-1664-5.
3. Архаров А.М., Афанасьев В.Н. Теплотехника, Москваиздательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.
4. Байрашевский Б.А., Борушко Н.П. Основы расчета характеристик теплообменников в условиях теплотерь в окружающую среду. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика, 2017, №6. с. 37-46.
5. Банных О.П. Оборудование для нефтехимических производств. Часть I: учебное пособие / Университет ИТМО, Санкт Петербург, 2014. – 40 с.
6. Банных О.П. Оборудование для нефтехимических производств. Часть II: учебное пособие / Университет ИТМО, Санкт Петербург, 2015. – 44 с.
7. Брянский Б.Я. Лекции по химической термодинамике [Электронный ресурс]: учебное пособие / Вузовское образование, Саратов, 2017. – 118 с. – ISBN 978-5-4487-0036-1.
8. Бутова С.В., Воронцов В.В., Шахова М.Н., Королькова Н.В., Котик О.А. Тепло- и хладотехника. ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, Воронеж, 2016. – 247 с.

9. Вербова Н.М. Информатика и кибернетика. Сборник докладов студенческой научной конференции Института информационных технологий и управления, 2015. с. 271-274.
10. Дерюгин В.В., Васильев В.Ф., Уляшева В.М. Тепломассообмен: учебное пособие / Санкт Петербург, 2016. – 244 с. – ISBN 978-5-9227-0690-2.
11. Дьяконов В.Г., Лонцаков О.А. Основы теплопередачи и массообмена: учебное пособие / Издательство КНИТУ, Казань, 2015. – 244 с. – ISBN 978-5-7882-1813-7.
12. Евстифеев Е.Н., Кужаров А.А., Кужаров А.С. Процессы на поверхности раздела фаз [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ай Пи Эр Медиа, Саратов, 2018. – 287 с. – ISBN 987-5-4486-0208-5.
13. Епифанов В.С., Степанов А.М. Техническая термодинамика и теплопередача: методические рекомендации / Альтаир-МГАВТ, Москва, 2013. – 40 с.
14. Иванец В.Н., Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Кемерово, 2006. – 172с.
15. Кондратьева В.Д., Шулаева Е.А., Шулаев Н.С., Прахов И.В. Моделирование и расчет теплообменных процессов в технологической аппаратуре. Нефтегазовое дело, 2018, Т. 16. №1 с. 78-84.
16. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Вент Д.П. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие для вузов / ХИМИЯ, Москва, 2011. – 1230 с. – ISBN 978-5-98109-082-0.
17. Костюченков Н.В., Абдрахманов А.Б., Оразалиев Б.Т. К методике теплового расчета устройства теплообменника и пути интенсификации теплоотдачи. В сборнике: Безопасность жизнедеятельности: проблемы и решения – 2017. Материалы международной научно-практической конференции, 2017. с. 257-264.

18. Кудинов И.В., Стефанюк Е.В. Теоретические основы теплотехники. Часть I. Термодинамика: учебное пособие / СГАСУ, Самара, 2013. – 172 с. – ISBN 978-5-9585-0553-1, ISBN 978-5-9585-0554-8.

19. Кудинов И.В., Стефанюк Е.В. Теоретические основы теплотехники. Часть II. Математическое моделирование процессов теплопроводности в многослойных ограждающих конструкциях: учебное пособие / СГАСУ, Самара, 2013. – 422 с. – ISBN 978-5-9585-0553-1, ISBN 978-5-9585-0555-5.

20. Леонтьев А.И. Оборудование химических производств. Часть I [Электронный ресурс]: учебное пособие / Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Тамбов, 2012. – 232 с.

21. Леонтьев А.И. Оборудование химических производств. Часть II [Электронный ресурс]: учебное пособие / Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Тамбов, 2012. – 280 с.

22. Ларионов А.Н., Кураков Ю.И., Воищев В.С. Теоретические основы термодинамики и теплопередачи: учебное пособие / Воронеж, 2015. – 199 с. – ISBN 978-5-7267-0836-2.

23. Леонтьев А.И. Оборудование химических производств. Часть III [Электронный ресурс]: учебное пособие / Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Тамбов, 2012. – 280 с.

24. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники, ИЗДАТЕЛЬСТВО «КУРС», 2015.

25. Маркин А.Н., Агеев М.А. Тепломассообменные процессы и установки промышленной теплотехники [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов / Ай Пи Эр Медиа, Саратов, 2018. – 229 с. – ISBN 978-5-4486-0115-6.

26. Мартыненко Г.Н., Исакова А.В., Лукьяненко В.И. Основы автоматизации тепловых процессов: учебное пособие / Воронежский ГАСУ, Воронеж, 2015. – 70 с.

27. Печенегов Ю.Я., Кузьмина Р.И. Курсовое проектирование по процессам и аппаратам химической технологии. Теплообменные аппараты и ректификационные установки [Электронный ресурс]: учебное пособие / СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, 2010. – 110 с.
28. Романов П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: учебное пособие / ХИМИЗДАТ, Санкт Петербург, 2017. – 440 с. – ISBN 978-5-93808-289-2.
29. Романов П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / ХИМИЗДАТ, Санкт Петербург, 2017. – 544 с. – ISBN 978-5-93808-290-8.
30. Скаков С.В. Термодинамика: курс лекций / Издательство Липецкий ГТУ, Липецк, 2014. – 122 с. – ISBN 978-5-88247-698-3.
31. Стоянов Н.И., Смирнов С.С., Смирнова А.В. Теоретические основы теплотехники: учебное пособие / Издательство СКФУ, Ставрополь, 2014. – 225 с.
32. Толстых В.К., Пшеничный К.А. Численное моделирование и управление процессами теплопереноса в противоточных теплообменных аппаратах: Информатика и кибернетика, 2016. №3 (5). с. 80-85.
33. Федоров А.Ф., Кузьменко Е.А. Контроль и регулирование параметров технологического процесса [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / Профобразование, Саратов, 2017. – 233 с.
34. Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии: ХИМИЗДАТ, Санкт Петербург, 2017. – 608 с. – ISBN 978-5-93808-304-2.
35. Чернышев А.К., Левин Б.В., Туголуков А.В., Огаркова А.А., Ильин В.А. Аммиачная селитра: свойства, производство, применение, Москва, 2009.
36. Постоянный технологический регламент ТР 3-1 производства селитры аммиачной и КАС цеха №3 (в трёх книгах), 2017.

37. Технологический регламент ТР 3-2 установки переработки сокового пара – 2016.
38. Официальный сайт ПАО «КуйбышевАзот» - <http://www.kuazot.ru>.

Приложение А

Схема пароснабжения цеха

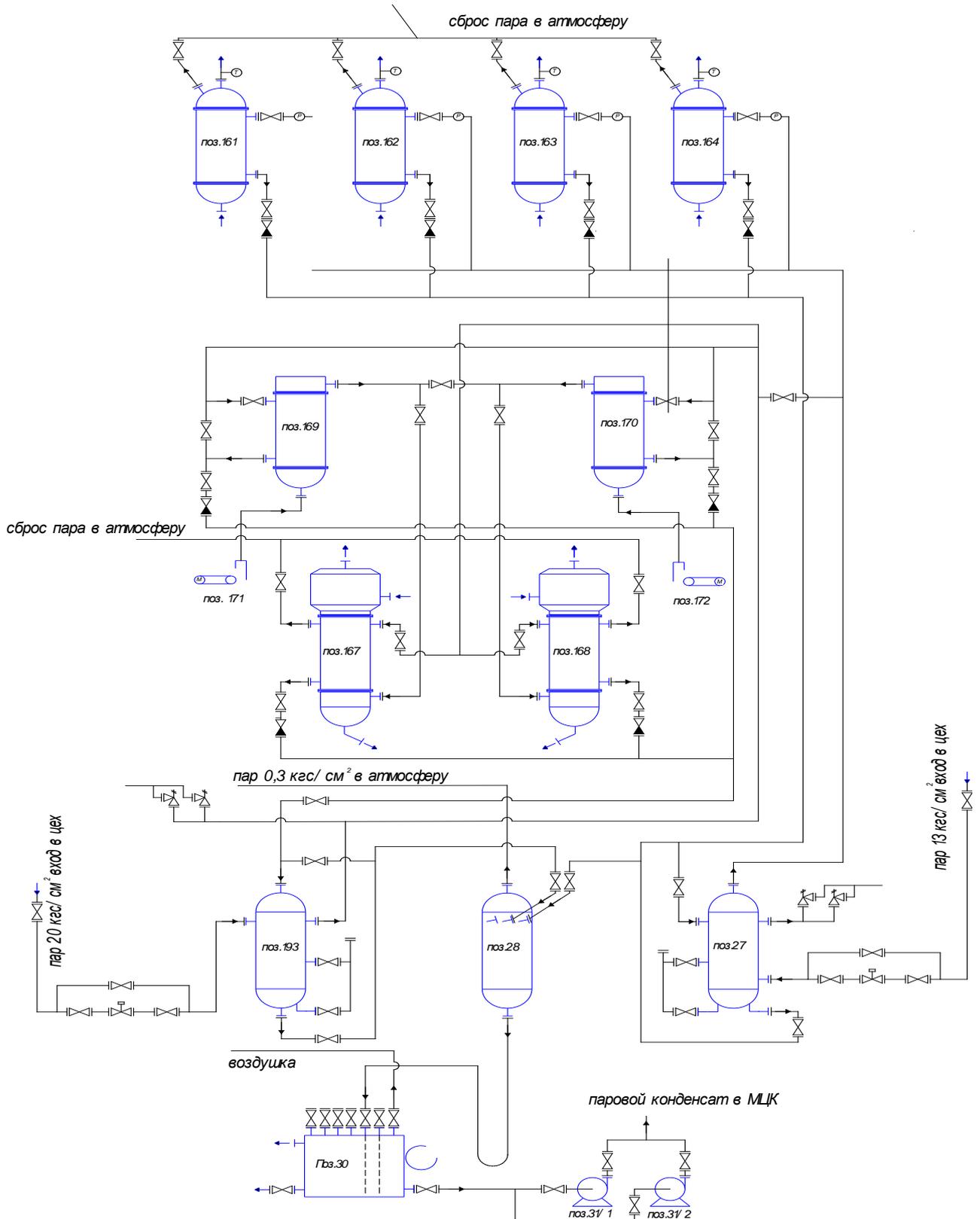


Рисунок А.1 – Схема системы пароснабжения цеха

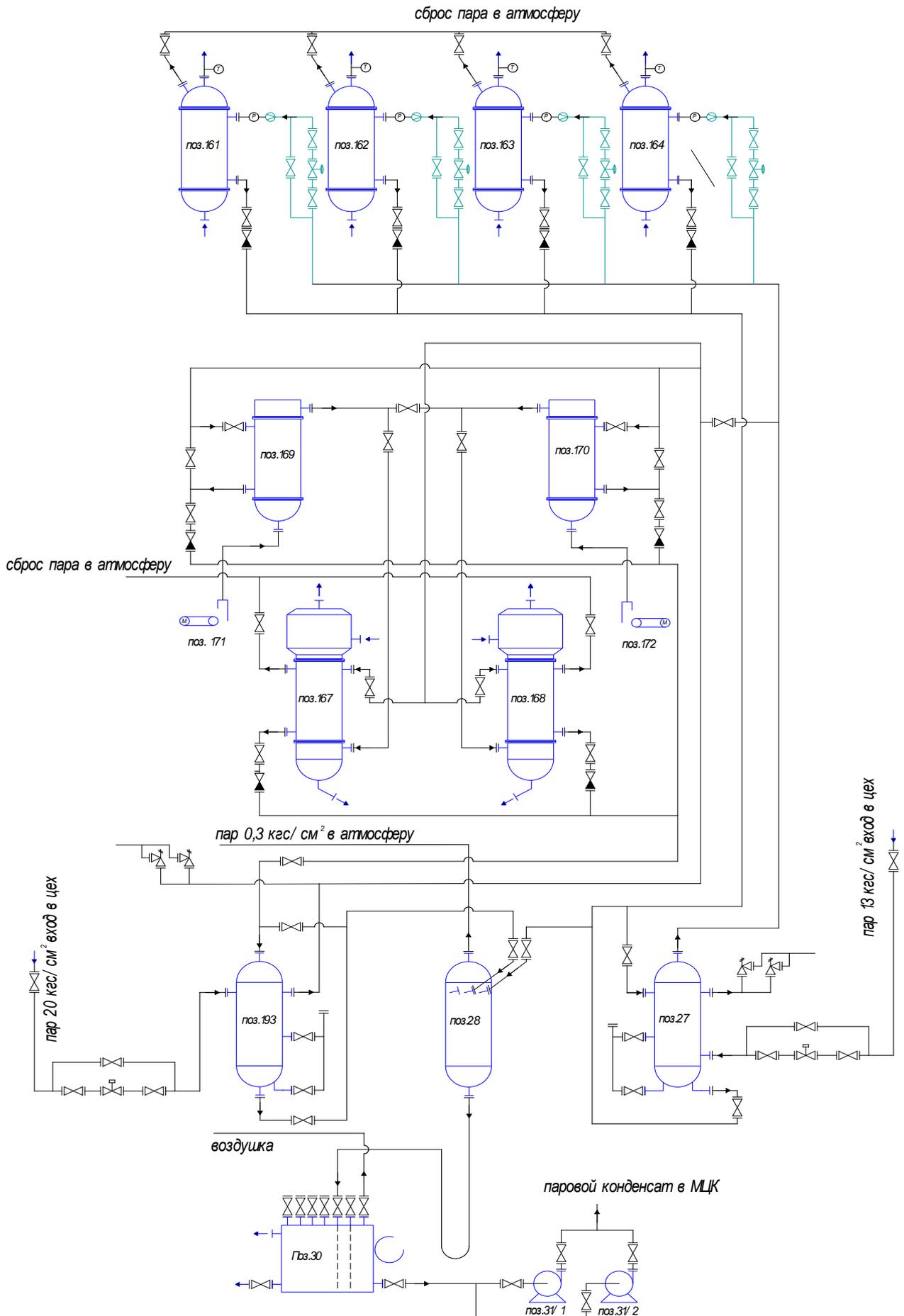


Рисунок А.2 – Оптимизированная схема системы пароснабжения цеха

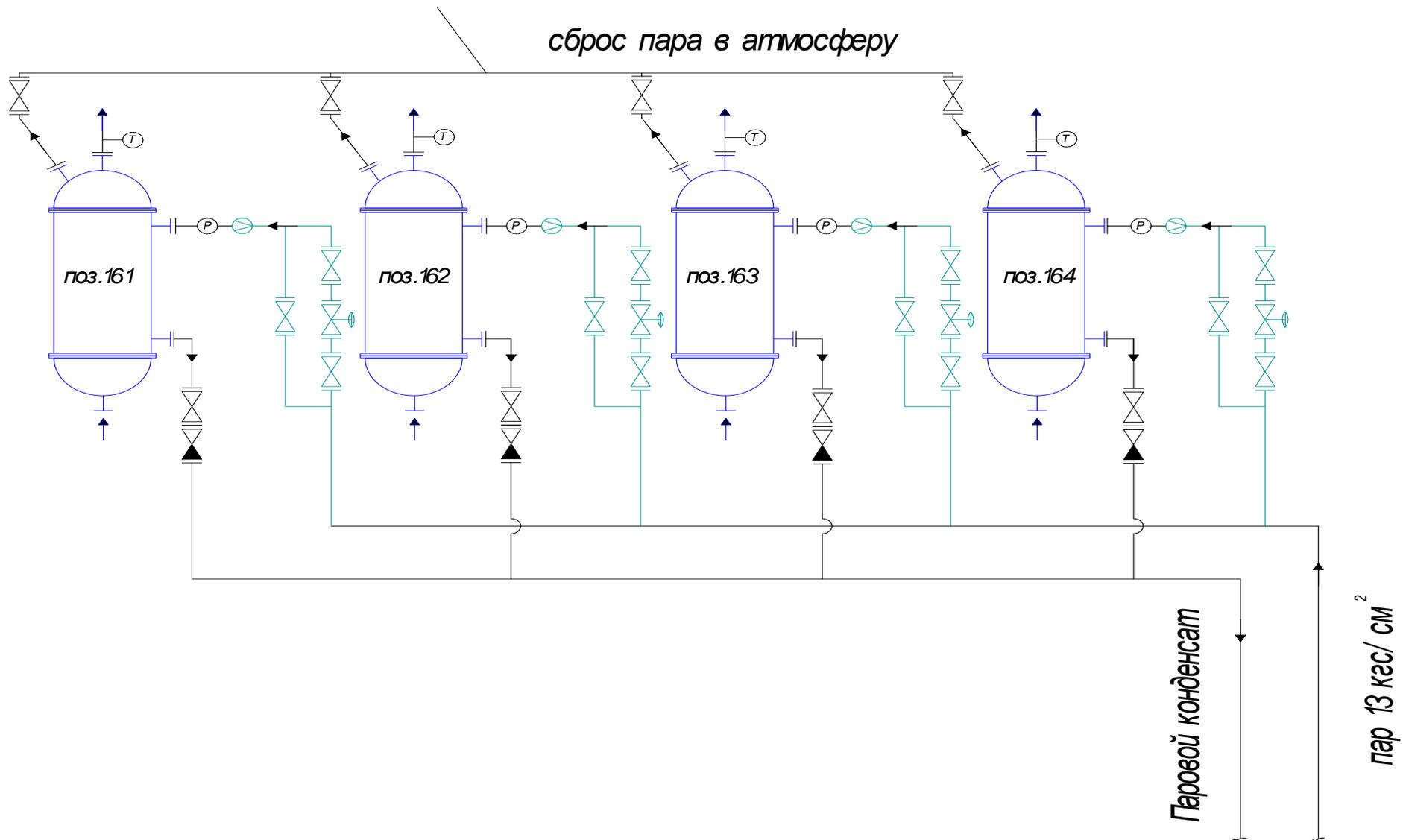


Рисунок А.3 – Схема регулирования подачи пара 13 кгс/см² в выпарные аппараты

Приложение Б

Графики пара и парового конденсата

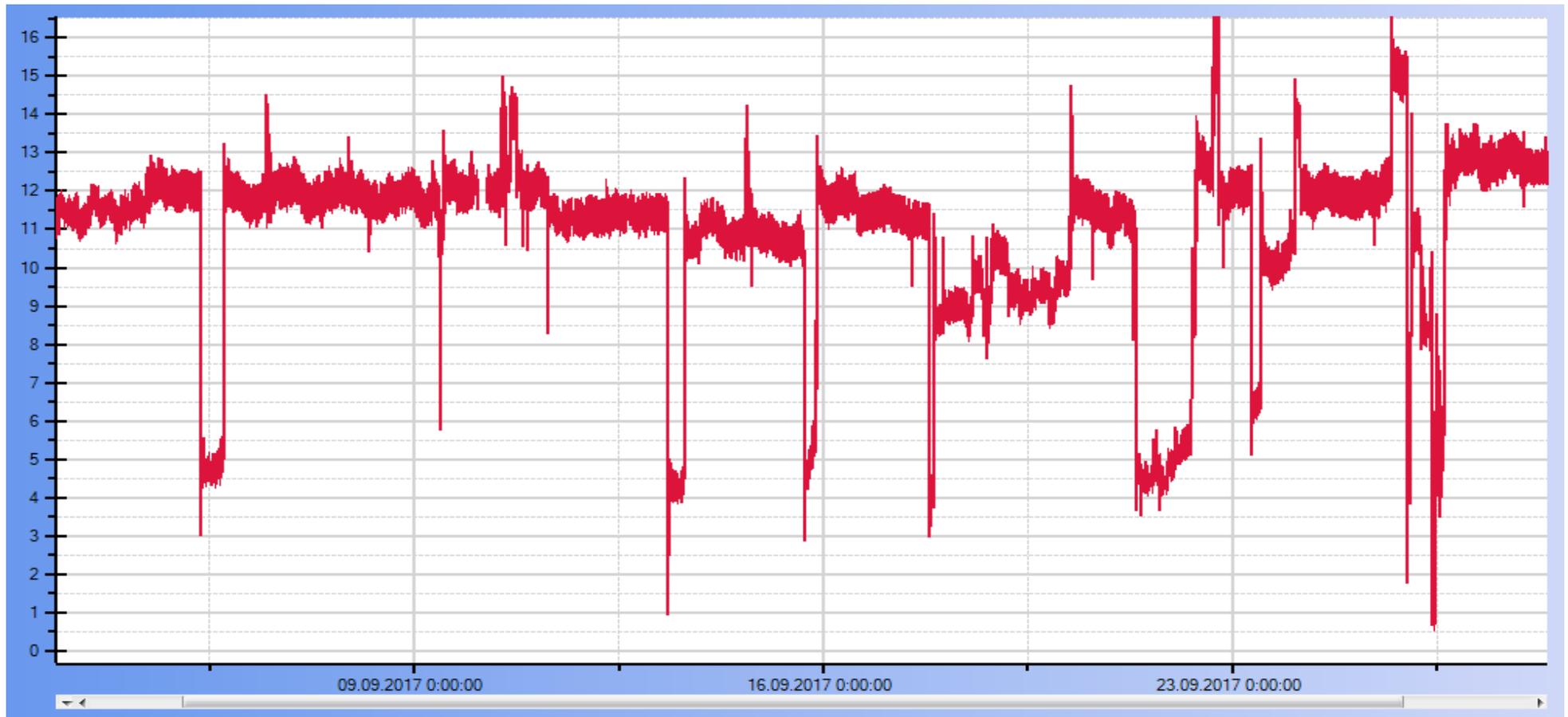


Рисунок Б.1 - Расход пара 20 кгс/см²

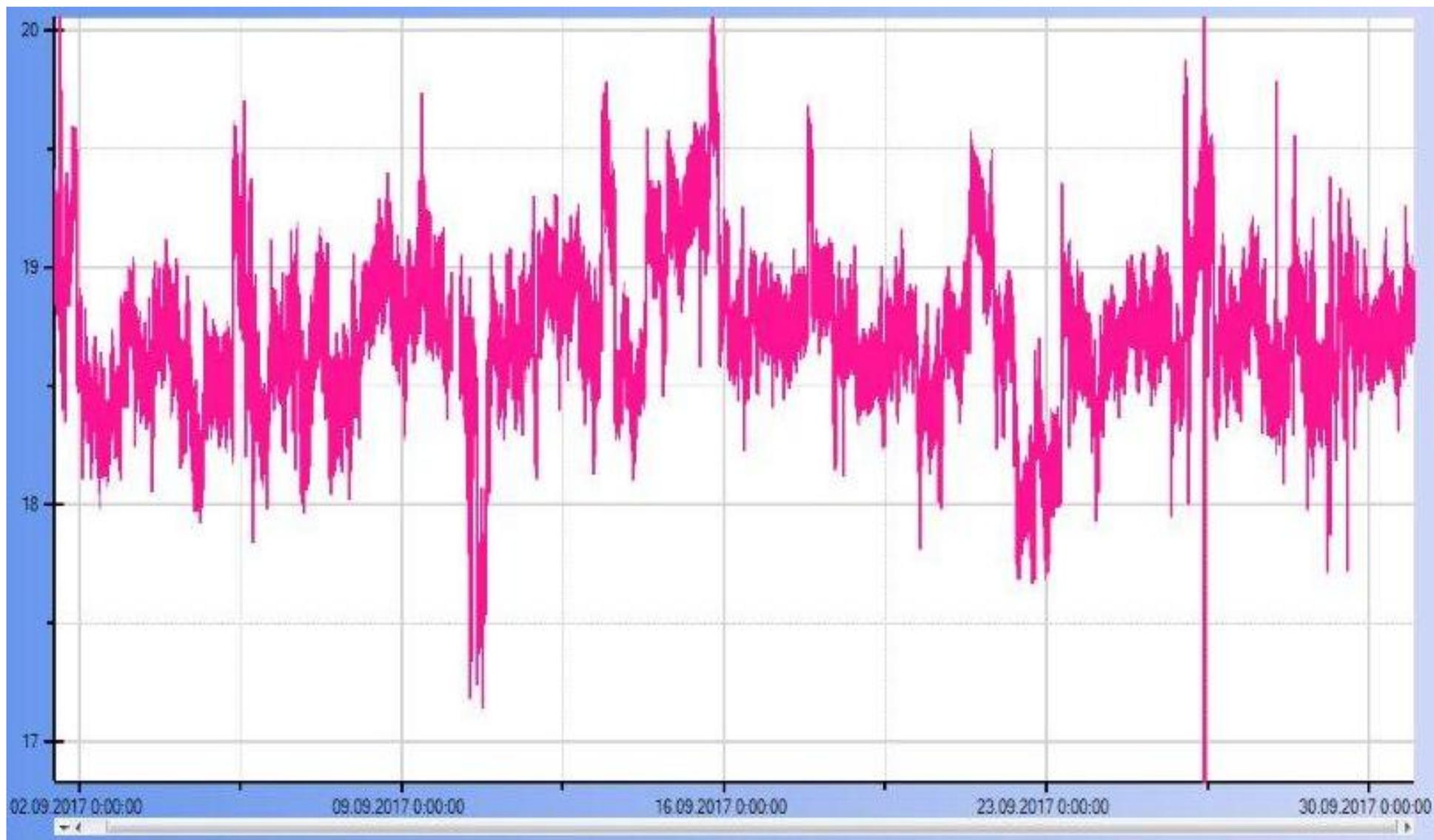


Рисунок Б.2 - Давление пара 20 кгс/см²

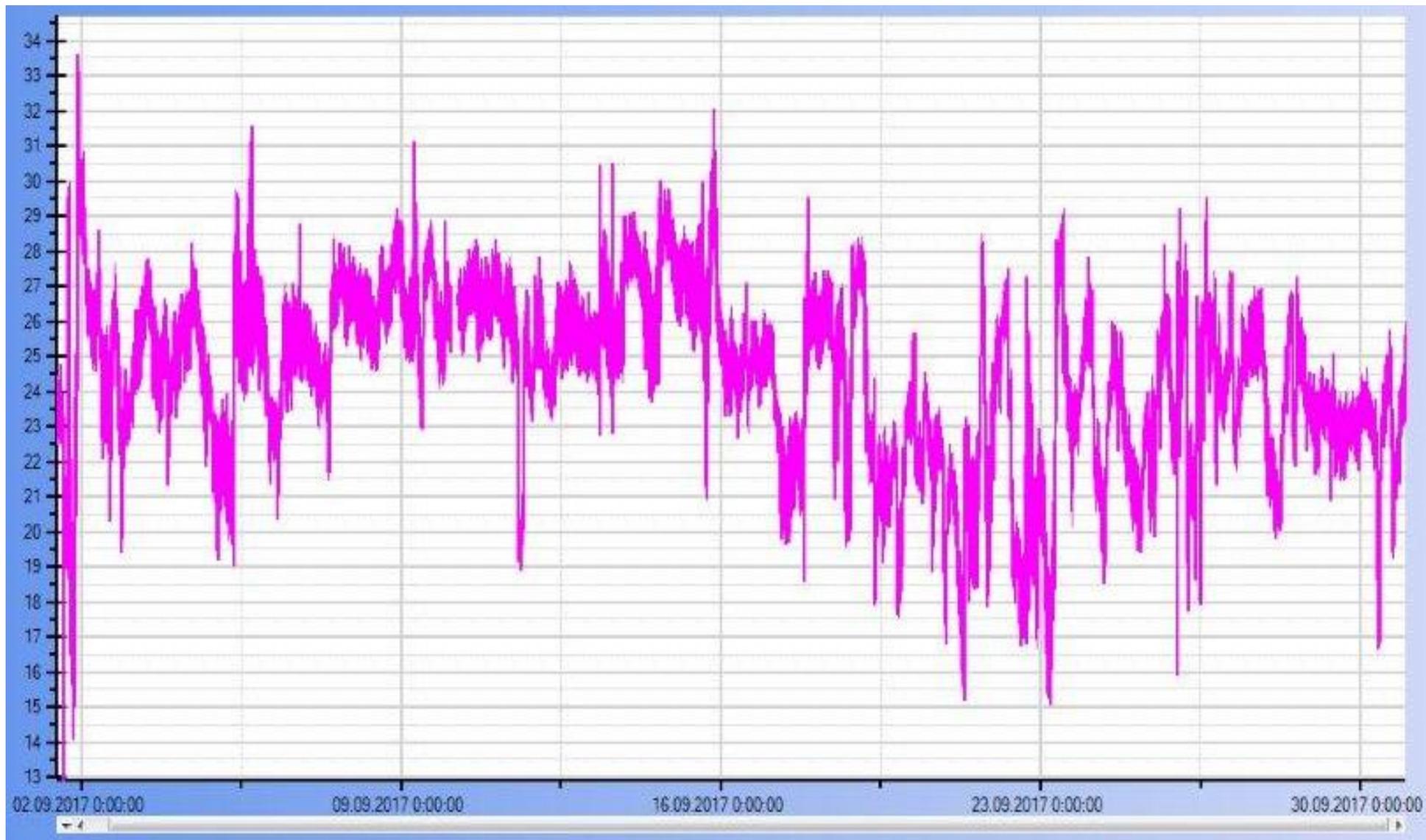


Рисунок Б.4 - Расход пара 13 кгс/см²

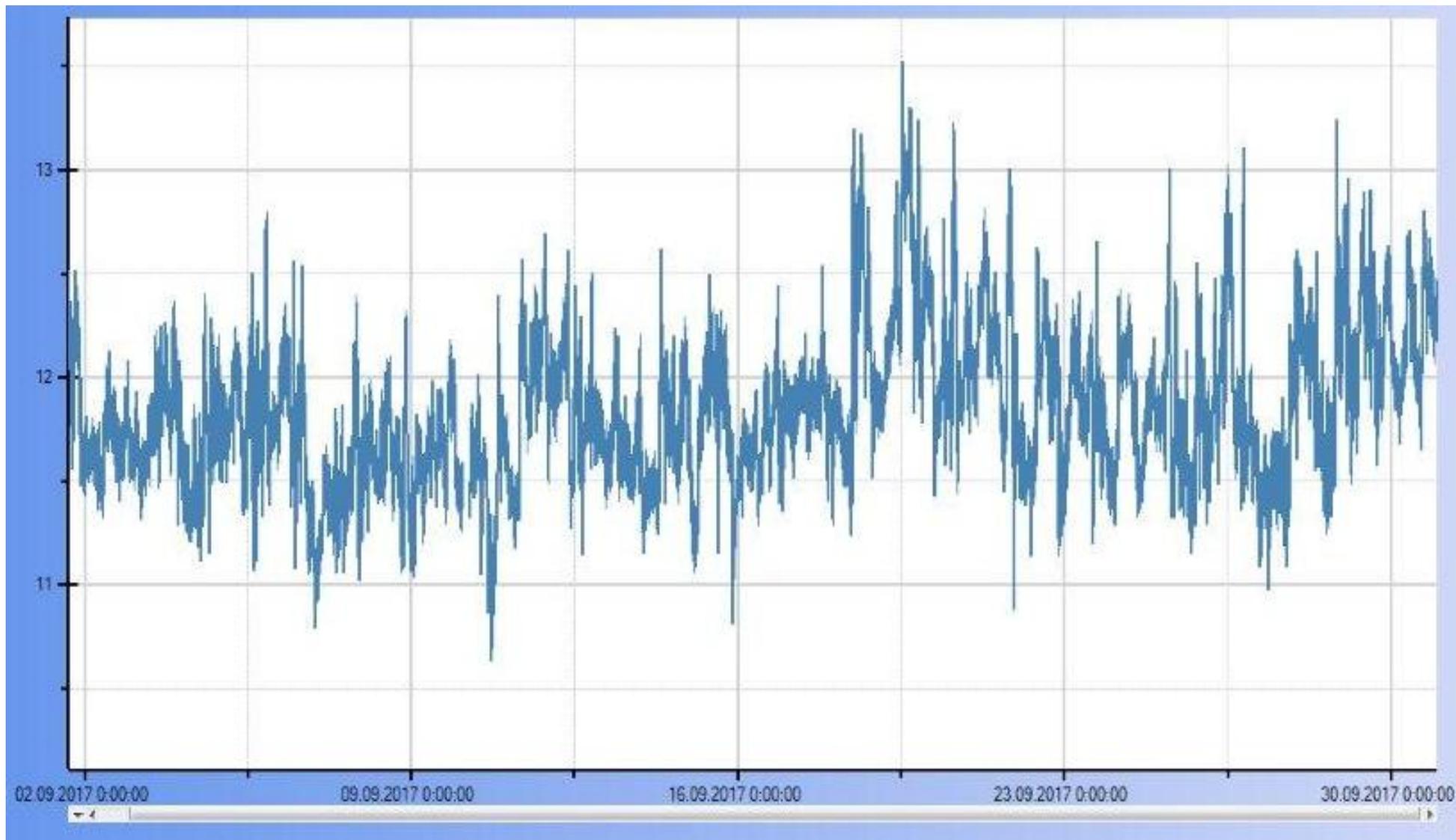


Рисунок Б.5 - Давление пара 13 кгс/см²

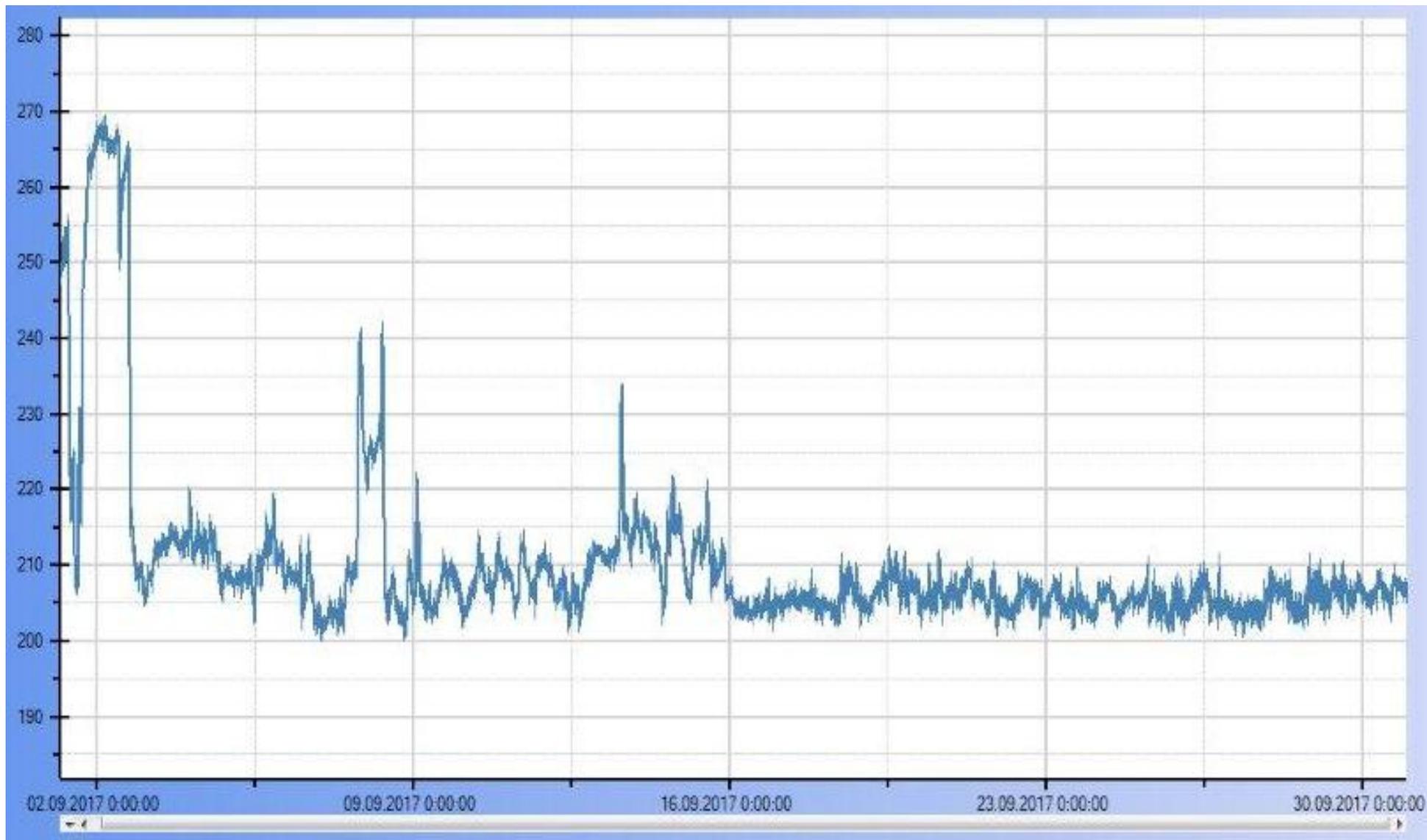


Рисунок Б.6 - Температура пара 13 кгс/см²

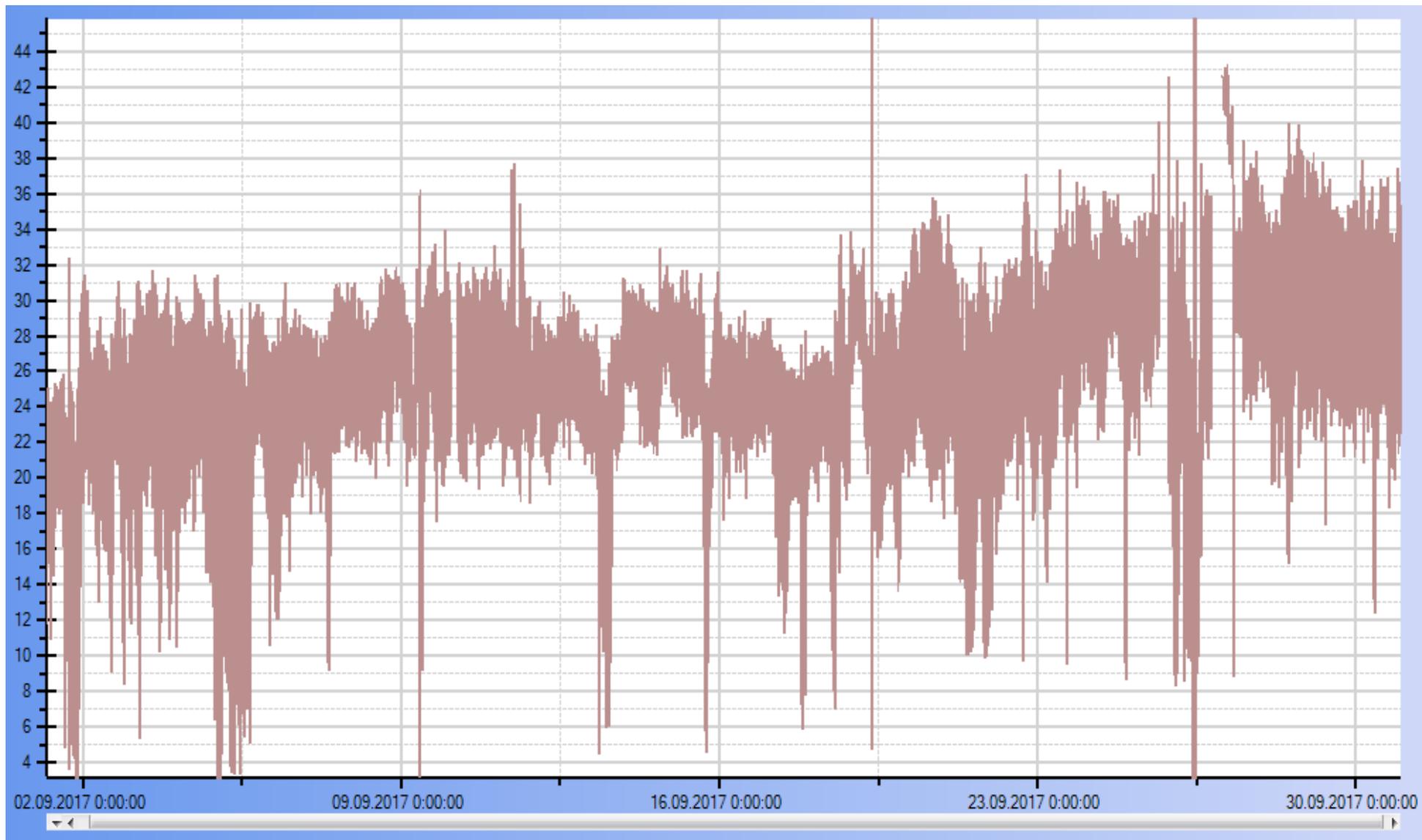


Рисунок Б.7 - Расход парового конденсата

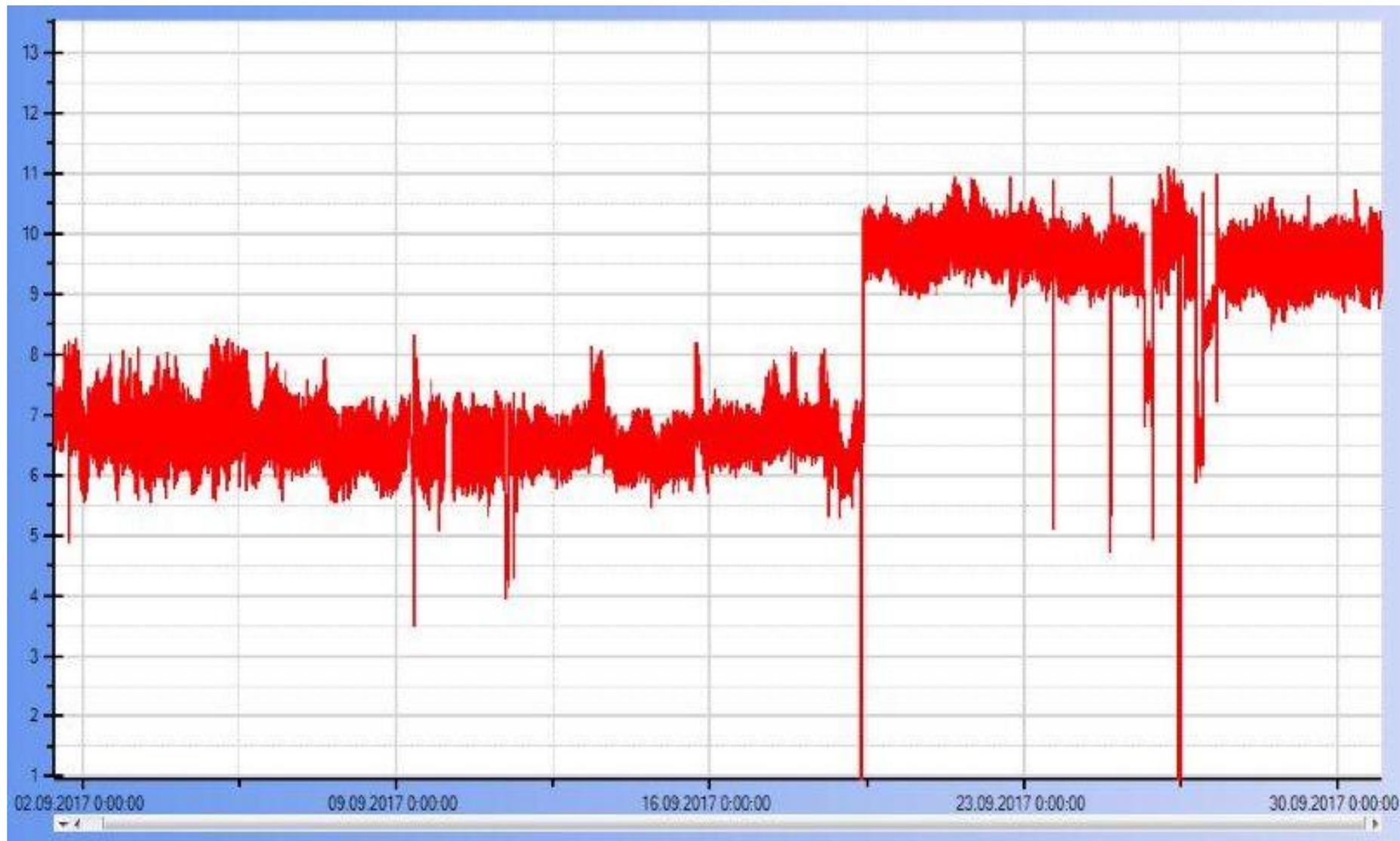


Рисунок Б.8 - Давление парового конденсата

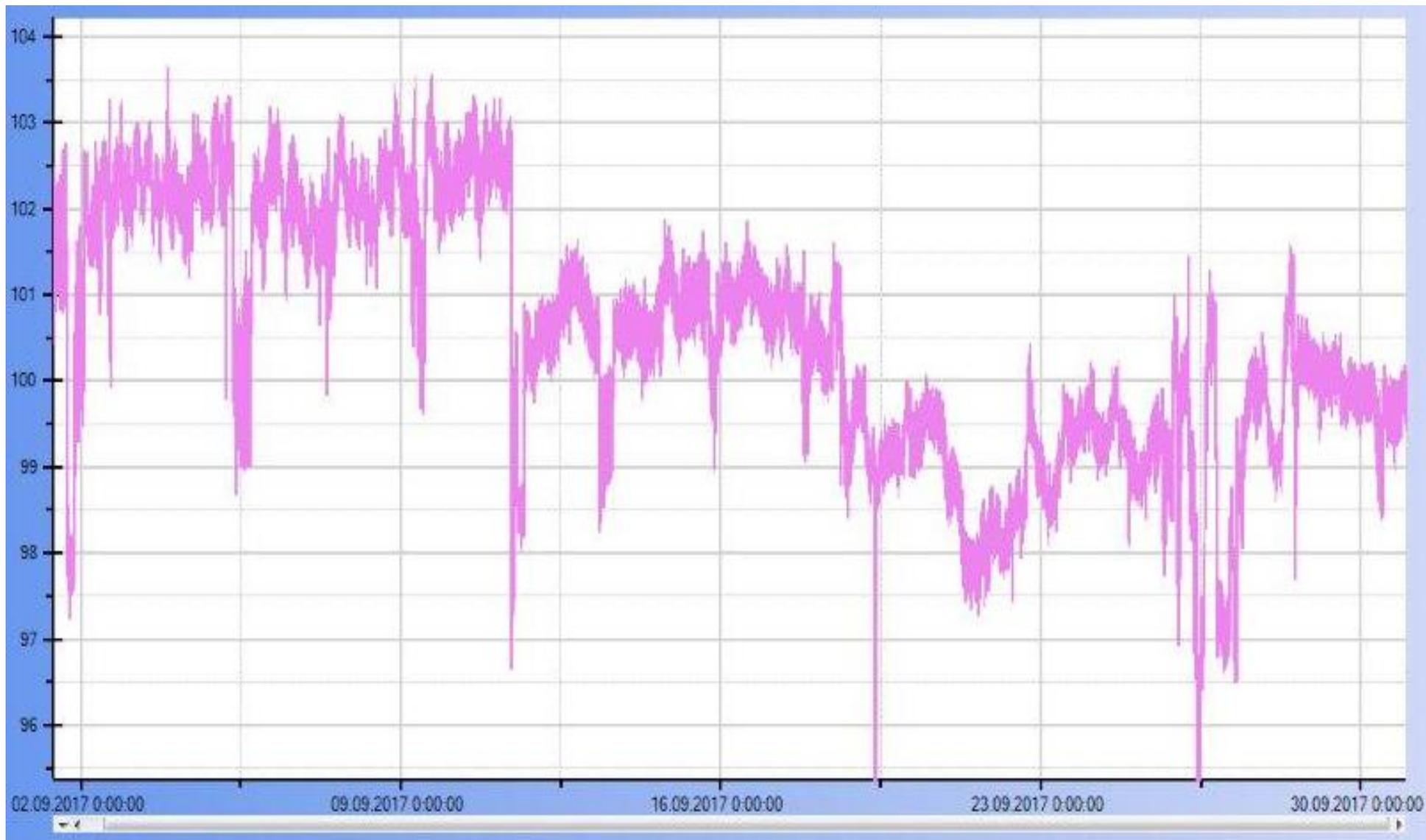


Рисунок Б.10 - Температура парового конденсата