

ВВЕДЕНИЕ

В химической промышленности комплексной механизации и автоматизации уделяется большое внимание. Это объясняется сложностью и высокой скоростью протекания технологических процессов, а также чувствительностью их к нарушению режима, вредностью условий работы, взрыво- и пожароопасностью перерабатываемых веществ и так далее.

Под механизацией понимают мероприятия по внедрению механизмов и машин, направленные, как правило, на облегчение физического труда. В механизированном технологическом процессе человек продолжает принимать непосредственное участие, но его физическая работа сводится лишь к нажатию кнопок, повороту рычагов и тому прочее. Здесь на человека возложены функции управления механизмами и машинами. Ограниченные возможности человеческого организма (утомляемость, недостаточная скорость реакции на изменение окружающей обстановки и на большое количество одновременно поступающей информации и так далее) являются препятствием для дальнейшей интенсификации производства. Наступает новый этап машинного производства — автоматизация, когда человек освобождается от непосредственного участия в производстве, а функции управления технологическими процессами, механизмами, машинами передаются автоматическим устройствам.

Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: увеличению количества, улучшению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда. Внедрение автоматических устройств обеспечивает высокое качество продукции, сокращение брака и отходов, уменьшение затрат сырья и энергии, уменьшение численности рабочих, удлинение сроков межремонтного пробега оборудования.

Комплексная автоматизация процессов химической технологии предполагает не только автоматическое обеспечение нормального хода этих процессов, но и автоматическое управление пуском и остановом аппаратов для

ремонтных работ и в критических ситуациях.

В автоматизированном производстве человек переключается на творческую работу - анализ результатов управления, составление заданий и программ для автоматических приборов, наладку сложных автоматических устройств и так далее.

Для обслуживания агрегатов, оснащенных сложными системами автоматизации, требуются специалисты с высоким уровнем знаний. От специалистов требуются знания не только устройства различных приборов, но и общих принципов составления систем автоматического управления.

В каждом производственном процессе, наряду с «вещественными потоками», существуют и «информационные потоки». Они представляют собой некоторую первичную информацию и необходимы для контроля и управления. Эта информация передается на соответствующие пункты управления (операторную, диспетчерскую и так далее), где подвергается обработке и используется для принятия решений при управлении процессом.

Системы автоматического регулирования оказываются не достаточно эффективными, если они спроектированы только на основании общих положений теорем автоматического регулирования. Для наиболее эффективной работы таких систем их необходимо проектировать с учетом особенностей технологических процессов, для которых они предназначены и максимально знать требования, предъявляемые к химико-технологическим процессам.

Целью работы дипломного проекта является автоматизация процесса первой стадии нейтрализации фосфорной кислоты в производстве минеральных удобрений, путем разработки системы автоматического регулирования расходов кислоты и аммиака; выполнить технико-экономическое описание: получить технико-экономические показатели и рассчитать себестоимость системы; рассмотреть работоспособность системы со стороны охраны труда и безопасности жизнедеятельности, а также работу процесса в возможных чрезвычайных ситуациях.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1 История предприятия

История предприятия ООО «Балаковские минеральные удобрения» начинается с ввода в эксплуатацию Балаковского химического завода.

Территориально завод был построен с расчетом на поставку фосфорсодержащих удобрений сельскому хозяйству. Уже в восьмидесятые годы Балаковский химический завод становится одним из крупнейших в отрасли.

На производстве налажен выпуск серной кислоты, фосфорной кислоты, двойного суперфосфата, аммофоса, диаммонийфосфата, сульфоаммофоса, NPK-удобрений.

В 1998 году химическое производство, входящее в ОАО «Иргиз», было полностью остановлено. После смены собственника теперь уже ООО «Балаковские минеральные удобрения» возобновило промышленное производство с 1 июня 1999 года.

Становление производства можно разбить на несколько этапов:

- восстановление основного и вспомогательного оборудования;
- восстановление проектных объемов производства и реализации, полная загрузка производственных мощностей;
- реконструкция производства, направленная на интенсификацию существующих мощностей, повышение технологий, снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

В 2000 году реконструкция цеха фосфорных удобрений, позволившая вывести качество производимой продукции на новый уровень, снизить выбросы вредных веществ в атмосферу, уменьшить расход сырьевых и энергоресурсов на производство минеральных удобрений.

В 2001 году начались работы по монтажу импортной установки по фасовке удобрений в Биг-Бэги. Внедрена автоматизированная система учета электрической энергии (АСКУЭ), которая позволила снизить на 3 ÷ 5 % объем потребления электроэнергии, благодаря повышению надежности работы системы

электроснабжения, повышению оперативности в управлении потоками электроэнергии и мощности.

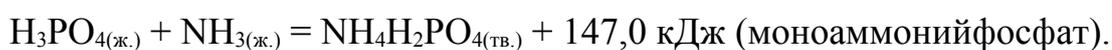
Режим работы предприятия: непрерывный, круглосуточный, 310 рабочих дней в году (7200 часов).

1.2 Характеристика производимой продукции

Вся перечисленная ранее продукция выпускается по одной технологической схеме. Поэтому рассмотрим схему производства диаммонийфосфата.

Диаммонийфосфат удобрительный – сокращенно ДАФ, представляет собой сложное водорастворимое удобрение, содержащее два действующих вещества – азот и фосфор. Производство ДАФ основано на двух стадиях нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты аммиаком с последующей грануляцией и сушкой аммонизированной пульпы.

Основные реакции нейтрализации протекают с выделением большого количества тепла. Взаимодействие аммиака (NH_3) с фосфорной кислотой (H_3PO_4) на первой стадии идет по уравнению



Для получения диаммонийфосфатной пульпы проводят вторую стадию



Образованный двух замещенный фосфат аммония позволяет увеличить содержание азота в продукте до требуемой величины.

Диаммонийфосфат термически малоустойчив и начинает разлагаться уже при температуре 70°C с выделением аммиака, превращаясь в моноаммонийфосфат.



Стадия нейтрализация фосфорной кислоты обязательна. Без нее не возможны последующие стадии обработки и выпуска диаммонийфосфата. Степень нейтрализации фосфорной кислоты на первой стадии определяется ее концентрацией (уровнем pH) и технологической схемой производства.

На вторую стадию нейтрализации пульпа должна поступать с минимальной

влажностью и уровнем рН=4÷5. Для предотвращения загустевания пульпы во время ее упаривания первую стадию нейтрализации следует вести до мольного отношения, при котором существует максимальная растворимость образующихся фосфатов аммония. Наибольшая растворимость фосфатов при мольном отношении 1,4 ÷ 1,5

Оптимальная степень нейтрализации кислоты на первой стадии определяется тремя факторами: сохранение подвижности пульпы при ее упаривании, сохранение термической стабильности при ее упаривании и обеспечение минимальной влажности пульпы на выходе с выпарной установки.

Товарный ДАФ выпускается согласно требованиям ТУ 113-08-556-93 с изм.1,2,3 – и должен соответствовать требованиям (таблица 1).

Таблица 1 - Требования, предъявляемые к ДАФ

Наименование показателей	Норма
Массовая доля общих фосфатов, %, не менее	47± 1
Массовая доля общего азота, азот аммонийный, %, не менее	18± 1
Массовая доля воды, %, не более	1,5±0,3
Гранулометрический состав. Массовая доля гранул размером менее 1 мм, %, не более	3
Гранулометрический состав. Массовая доля гранул размером от 2 мм до 5 мм, %, не менее	97
Гранулометрический состав. Массовая доля гранул размером более 6 мм, %	100
Статическая прочность гранул, МПа (кгс/см ²), не менее	3,0 (30)
Рассыпчатость, %	100
Пылимость, г/т, не более	60
Внешний вид	Гранулы от белого до черного цвета с различными оттенками

Образование комплексных соединений происходит при низких значениях рН. Поэтому, чтобы избежать образования неусвояемых солей, процесс нейтрализации фосфорной кислоты необходимо вести при рН более 3.

ДАФ применяется в сельском хозяйстве как концентрированное гранулированное азотно-фосфорное удобрение.

1.3 Описание технологии производства диаммонийфосфата

Получение гранулированного ДАФ производится по технологической схеме (рисунок 1) и состоит из следующих стадий (рисунок 2):

- прием, хранение и снабжение производства сырьем;
- первая стадия нейтрализация фосфорной кислоты аммиаком;
- вторая стадия нейтрализации фосфорной кислоты.
- гранулирование и сушка продукта в аппарате БГС;
- классификация продукта и дробление крупной фракции;
- очистка отходящих газов;
- омасливание диаммонийфосфата;
- дообработка и подготовка диаммонийфосфата.
- фасовка диаммонийфосфата.

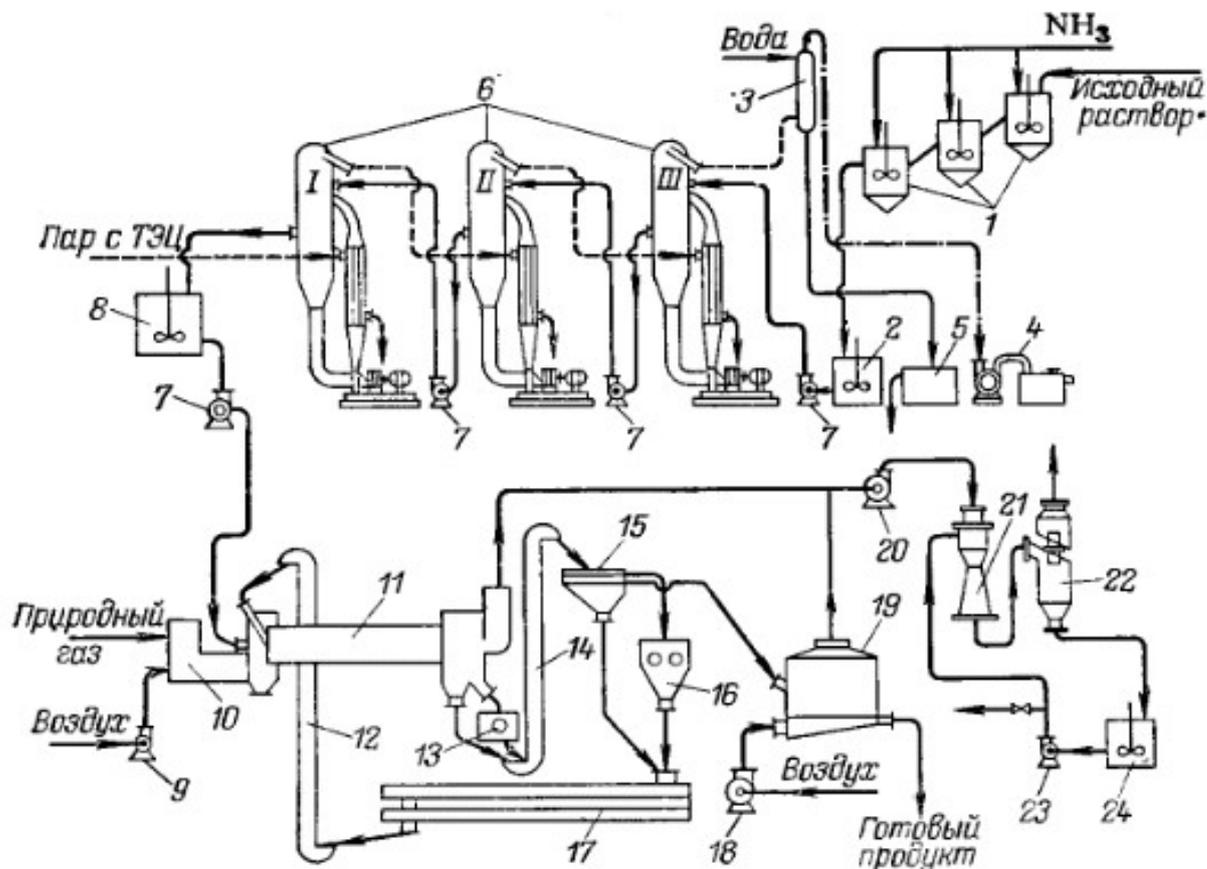
1.3.1 Прием, хранение и снабжение производства сырьем. Экстракционная фосфорная кислота, с массовой долей P_2O_5 не менее 33,0 % поступает по трубопроводам в сборник фосфорной кислоты. Туда же поступает упаренная фосфорная кислота с концентрацией не менее 52 % P_2O_5 . Расход кислоты (10 ÷ 30) м³/ч измеряется индукционными расходомерами, установленными на трубопроводах.

Серная кислота поступает по трубопроводам из хранилищ в сборник фосфорной кислоты для регулирования содержания P_2O_5 в готовом продукте.

Газообразный аммиак поступает из отделения аммиака по трубопроводу с давлением 0,4 ÷ 0,6 МПа (4 ÷ 6 кгс/см²).

Сборник фосфорной кислоты представляет собой две цилиндрические емкости, соединенные между собой двумя перетоками. Объем каждого сборника

составляет 100 м³. Сборники оборудованы перемешивающими устройствами лопастного типа и снабжены перемешивающими устройствами, датчиками контроля уровня, сигнализацией работы мешалок и насосов.



1 – аммонизатор; 2 – промежуточная емкость; 3 – барометрический конденсатор; 4 – вакуумный насос 5 - емкость для конденсата и воды; 6 – выпарные аппараты; 7, 23 – центробежные насосы; 8 – бак упаренной пульпы;

9, 18, 20 – вентиляторы; 10 – топка; 11 – барабанный гранулятор-сушилка; 12, 14 – элеваторы; 13 – молотковая дробилка; 15 – грохот; 16 – валковая дробилка; 17 – вибротранспортер; 19 – холодильник; 21 – турбулентный промыватель; 22 – центробежный брызгоуловитель; 24 – рециркуляционный бак.

Рисунок 1 – Технологическая схема получение диаммонийфосфата

В зависимости от уровня кислоты в сборниках системой управления производится блокировка подачи кислоты.

1.3.2 Первая и вторая стадии нейтрализация фосфорной кислоты аммиаком. Получение диаммонийфосной пульпы производится путем

нейтрализации пульпы в две стадии. Первая стадия нейтрализация про
САИ, вторая - в трубчатом реакторе.

Фосфорная кислота, серная кислота подаются в циркуляционную
реактора САИ.



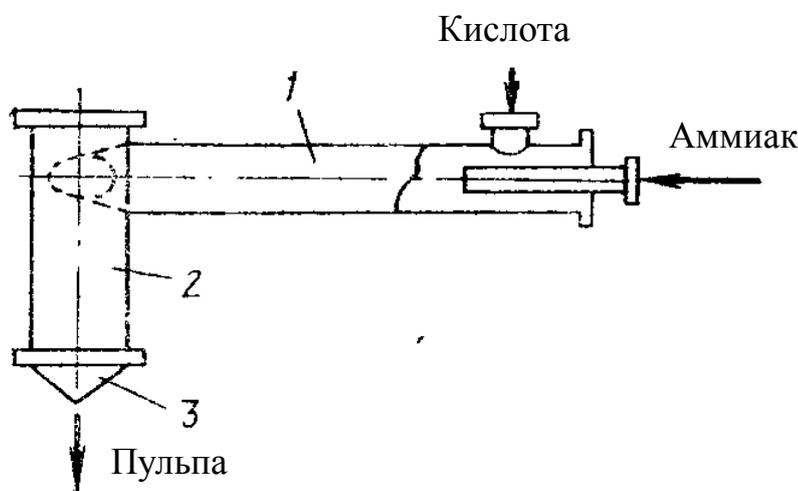
Рисунок 2 – Стадии получение гранулированного диаммонийфосфата

Смесь кислот нейтрализуется до pH 4,0 ÷ 5,0 и плотности 1,290 ÷ 1,340, жидким аммиаком. Расход аммиака может регулироваться согласно заданию, по соотношению с расходом фосфорной кислоты и в зависимости от pH пульпы на

выходе из САИ.

При взаимодействии смеси фосфорной и серной кислоты с аммиаком в реакционной трубе выделяется тепло, пульпа вскипает и выбрасывается в сепаратор. Из сепаратора часть пульпы самотеком отводится в сборник пульпы, а остальная часть стекает по циркуляционной трубе. Интенсивное перемешивание и испарение достигается за счет энергии химической реакции. В результате многократной циркуляции пульпы в САИ происходит постепенная аммонизация до оптимального мольного отношения $\text{NH}_3: \text{H}_3\text{PO}_4 = 1,35 \div 1,45$, что предотвращает бурное кипение и потери аммиака.

Вторая стадия нейтрализации проводится в трубчатом реакторе (рисунок 3).



1 – камера смешения; 2 – камера закрутки; 3 – форсунка.

Рисунок 3 – Трубчатый реактор

Из сборника упаренной пульпы пульпа в количестве насосом подается на трубчатый реактор. В центральный трубопровод трубчатого реактора через самоохладитель подается жидкий аммиак.

Самоохладитель предназначен для охлаждения жидкого аммиака с целью избежания искажений при измерении его расхода.

В трубчатом реакторе происходит донейтрализация пульпы до pH $7,7 \div 8,2$. Расход фосфорной кислоты в реактор контролируется индукционным расходомером и регулируется частотным преобразователем электропривода насоса.

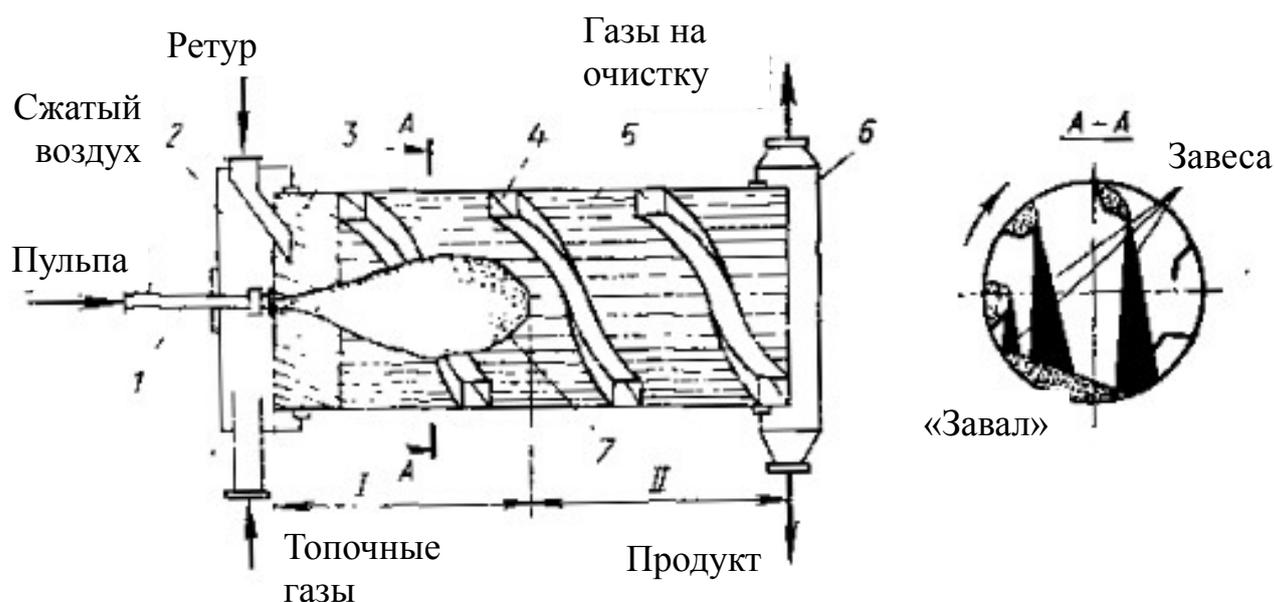
Расход жидкого аммиака контролируется ротаметром и может

регулироваться согласно установленного задания, по соотношению с расходом фосфорной кислоты и в зависимости от рН пульпы.

Из трубчатого реактора донейтрализованная пульпа до мольного отношения $1,7 \div 1,8$ по пульпопроводу поступает в БГС.

Процесс нейтрализации происходит с выделением паро-воздушной смеси которая удаляется воздуховодами.

1.3.3 Гранулирование и сушка продукта в аппарате БГС. Пульпа из сборника пульпы насосом подается в аппараты БГС (рисунок 4) через две пневматические форсунки. Для распыления пульпы к форсункам подведен технический воздух с давлением $0,15 \div 0,25$ МПа. В головную часть аппарата БГС ленточным конвейером подается мелкая фракция продукта (ретур). Сжатым воздухом пульпа разбрызгивается на мелкие капли и наносится на гранулы продукта, поступающего с ретуrom и находящегося в БГС.



- 1 – форсунка; 2 – загрузочная камера; 3 – винтовая питающая насадка;
 4 – обратный шнек; 5 – подъемно-лопастная насадка; 6 – разгрузочная камера; 7 – факел; I – зона гранулирования; II – зона досушки.

Рисунок 4 – Барабанный гранулятор-сушилка (БГС)

БГС представляет собой цилиндрический барабан диаметром 4,5 м и длиной 35 м, расположенный под углом наклона к горизонтали 3 градуса и вращающийся со скоростью 3,5 об/мин на двух роликовых опорных станциях. Упорные ролики

предотвращают осевые сдвиги барабана. В головной части БГС размещена винтовая насадка, в средней части – подъемно-лопастная насадка с обратным шнеком, заканчивающаяся подпорным кольцом, в хвостовой части БГС насадка отсутствует.

При помощи обратного шнека в аппарате БГС циркулирует часть продукта (внутренний ретур). Внешний и внутренний ретур создают плотную завесу в головной части БГС. На частицы ретура напыляется диспергированная пульпа. При вращении БГС образуются гранулы. В хвостовой части БГС происходит досушка гранул.

Контроль за расходом пульпы осуществляется индукционными расходомерами, а регулирование частотными преобразователями электроприводов насосов.

Давление воздуха на форсунки автоматически поддерживается согласно заданному значению или изменяется в соотношении с расходом пульпы в БГС.

Одновременно с грануляцией диаммонийфосфата в БГС осуществляется процесс сушки продукта. К головной части БГС примыкает топка (калорифер газовый) из которого в БГС прямотоком подается теплоноситель (топочные газы), с температурой не более 650 °С. Отработанный теплоноситель с примесями аммиака, фтора и пыли поступает на очистку. Воздух на сжигание природного газа и разбавления топочных газов подается вентилятором, проходит через калорифер, где подогревается паром после САИ.

Температура топочных газов на входе в БГС регулируется изменением расхода природного газа и воздуха в топку. Расход природного газа изменяется поворотом заслонки, установленной на газопроводе.

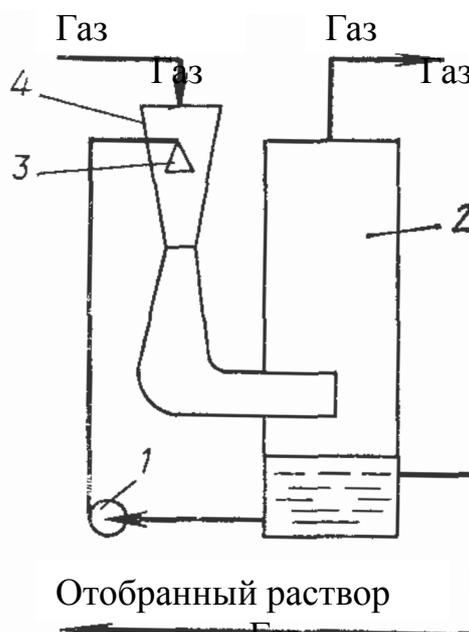
Расход воздуха изменяется положением лопаток направляющего аппарата на всасе вентилятора подачи воздуха в топку.

Аппарат БГС работает под разрежением 20 ÷ 50 Па (2 ÷ 5 мм вод.ст.), которое создается хвостовыми вентиляторами. Контроль за разрежением осуществляется в ЦПУ с непрерывным показанием и регистрацией. Температура отходящих газов из аппарата БГС поддерживается в пределах 90 ÷ 110 °С с непрерывной регистрацией в ЦПУ.

грохотов переводится на транспортную ленту, проходящую через аэрохолодильник. Воздух для охлаждения подается вентилятором. Охлажденный продукт поступает на ленточный конвейер и далее по существующей схеме.

Работа аппаратов БГС и транспортного оборудования узла классификации сблокирована встречно потоку транспортирования удобрений на дообработку. При остановке электродвигателя любой единицы оборудования транспортной цепочки останавливается электродвигатель предыдущей по ходу продукта конвейера и электродвигатель БГС.

1.3.5 Очистка отходящих газов. Схема очистки газов, узла нейтрализации. Парогазовая смесь, выделяющаяся в процессе нейтрализации фосфорной кислоты аммиаком от САИ вентилятором, подается на очистку от аммиака в двухступенчатую установку, состоящую из скруббера Вентури (рисунок 5) и полого абсорбера (рисунок 6), оснащенные эксцентриковыми форсунками.



1 – циркуляционный насос; 2 – брызгоуловитель; 3 – форсунка;
4 – корпус аппарата.

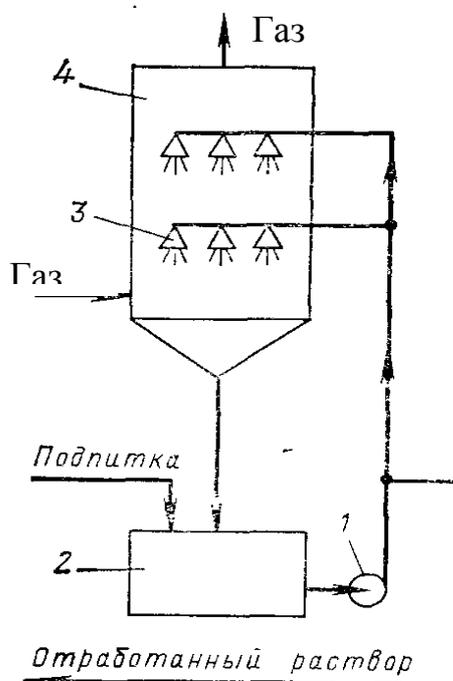
Рисунок 5 – Скруббер Вентури

Система абсорбции работает под давлением. Орошение нижней части абсорбера производится аммонизированным раствором фосфорной кислоты.

Орошение верхней части абсорбера производится технической водой. Сборник оборудован перемешивающим устройством. Парогазовая смесь, образующаяся в сборнике, отводится в газоход на всас вентилятора.

Очищенный газ выбрасывается в выхлопную трубу. Стоки с абсорбции заводятся в сборник и далее подаются на всас вентилятора.

Скруббер «Вентури», работающий в турбулентном режиме, представляет собой два усеченных конуса - конфузур (вход) и диффузор (выход), соединенных горловиной. В среднюю часть конфузур через патрубок подводится жидкость. Газ, пройдя горловину, приобретает большую скорость и раздробливает жидкость на мельчайшие капли, в результате чего обеспечивается хороший контакт газа с жидкостью.



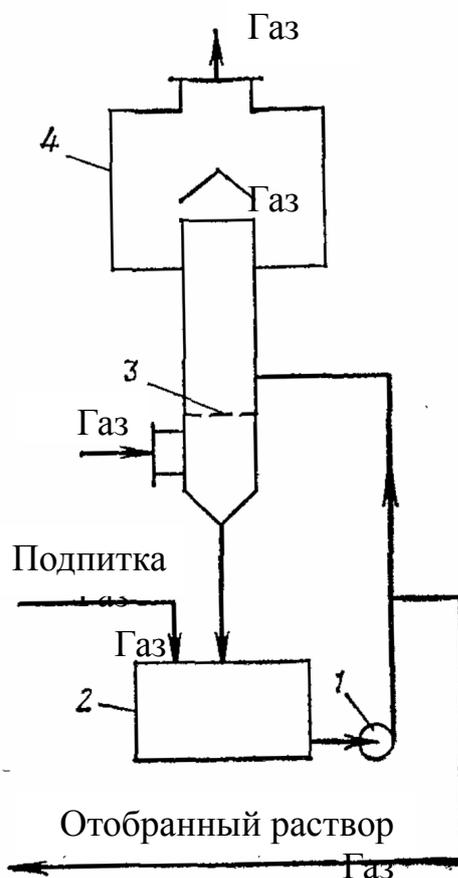
- 1 – циркуляционный насос; 2 – циркуляционный бак; 3 – форсунки;
4 – корпус аппарата.

Рисунок 6 – Полый абсорбер (полая башня)

Схема очистки газов, отходящих из аппаратов БГС. Газы, выходящие из аппаратов БГС очищаются от пыли удобрений, аммиака и фтора. Газы, отходящие от БГС разделяются на два потока и поступают последовательно в скрубберы «Вентури» (рисунок 6), затем две полые башни (рисунок 5), где проходят очистку,

затем в два брызгоуловителя и далее хвостовыми вентиляторами выбрасываются в высотную выхлопную трубу.

Схема очистки от газов и пыли, выделяющихся в процессе рассева и дробления крупной фракции. Запыленный воздух от технологического оборудования узла классификации (дробилки, грохота, головки транспортеров) вентилятором протягивается через циклон и абсорбер. Уловленная в циклонах пыль удобрений при помощи мигалок подается на ленточный конвейер. В абсорбере осуществляется мокрая очистка воздуха от пыли. Запыленный воздух поступает в нижнюю часть АПС (абсорбер пенный скоростной) (рисунок 7), абсорбционный раствор подается сверху.



1 – циркуляционный насос; 2 – циркуляционный бак; 3 – решетка;
4 – корпус аппарата.

Рисунок 7 – Пенный скоростной абсорбер (АПС)

Циркуляция абсорбционного раствора в абсорберах осуществляется в безнасосном режиме за счет движущей силы восходящего газового потока. Воздух,

очищенный от пыли через выхлопную трубу выбрасывается в атмосферу.

1.3.6 Омасливание и охлаждение продукта. Омасливание производится для снижения пылимости при погрузо-разгрузочных работах при предъявлении потребителем дополнительных требований к качеству продукта.

Конвейером диаммонийфосфат подается в барабан-кондиционер, где происходит охлаждение и омасливание. Охлаждение продукта осуществляется атмосферным воздухом в противоточном режиме. Воздух протягивается через барабан хвостовым вентилятором. Отработанный теплоноситель поступает в систему газоочистки.

Барабан-кондиционер представляет собой цилиндрический барабан диаметром 3500 мм и длиной 18000 мм, установленный под углом наклона к горизонтали 10 и вращающийся со скоростью 3 об/мин на двух роликовых опорных станциях. В горячем конце барабана находится гладкостенная зона, ограниченная на входе подпорным кольцом диаметром 2400 мм, в средней части – подъёмно-лопастная насадка, заканчивающаяся подпорным кольцом диаметром 2000 мм, в холодном конце – продольная подъёмная насадка, ограниченная на выходе подпорным кольцом диаметром 3000 мм. Гладкостенная зона служит для предотвращения пылеуноса, насадка - для перемешивания продукта с целью интенсификации процесса охлаждения в средней зоне и процесса омасливания в холодном конце. Кондиционирующая жидкость с температурой 40 ÷ 70 0С распыливается сжатым воздухом через форсунку на гранулы продукта на расстоянии 2 м от входа его в барабан.

Основой кондиционирующей жидкости является индустриальное масло И20А или МК-40. Насосом масло раскачивается в сборники на омасливание продукта. Из сборника насосом, через форсунку в барабан-кондиционер подается индустриальное масло марки И-20А, где происходит равномерное покрытие поверхности гранул тонким слоем масла, предотвращающим пыление.

ДАФ из барабана-кондиционера поступает на элеватор, которым подается на конвейер для транспортировки в отделение дообработки и подготовки.

1.3.7 Дообработка и подготовка продукта. Диаммонийфосфат

ленточными конвейерами транспортируется из главного корпуса в отделение дообработки и подготовки, далее поступает на конвейер, и с помощью сбрасывающей тележки складировается насыпью в кучи.

Из куч удобрение кратцер-краном подается на ленточный конвейер с которого подается в элеватор. С элеватора удобрение поступает на односитовый грохот для контрольного отсева.

Элеватор представляет собой «бесконечную» цепь, натянутую на звездочки - верхнюю приводную и нижнюю натяжную. К цепи крепятся ковши. Цепь с ковшами заключена в кожух.

Товарная фракция удобрений с односитового грохота поступает на ленточный конвейер. С конвейера удобрение с помощью сбрасывающей тележки направляется в один из шестнадцати бункеров. Крупная фракция – некондиция (гранулы размером более 5мм в диаметре) с сита односитового грохота сбрасывается в бункер и затем автомашинами вывозится в главный корпус, где через бункера подается на ретурный конвейер и далее в технологический процесс. Просыпи, образующиеся в результате погрузочных работ, также собираются и автомашинами вывозятся на ретурный конвейер. В случаях сильного загрязнения, продукт вывозится в отвал.

Все оборудование отделения дообработки и подготовки заблокировано встречно потоку транспортирования на отгрузку. При остановке электродвигателя любой единицы оборудования транспортной цепочки останавливается электродвигатель предыдущей по ходу продукта единицы оборудования.

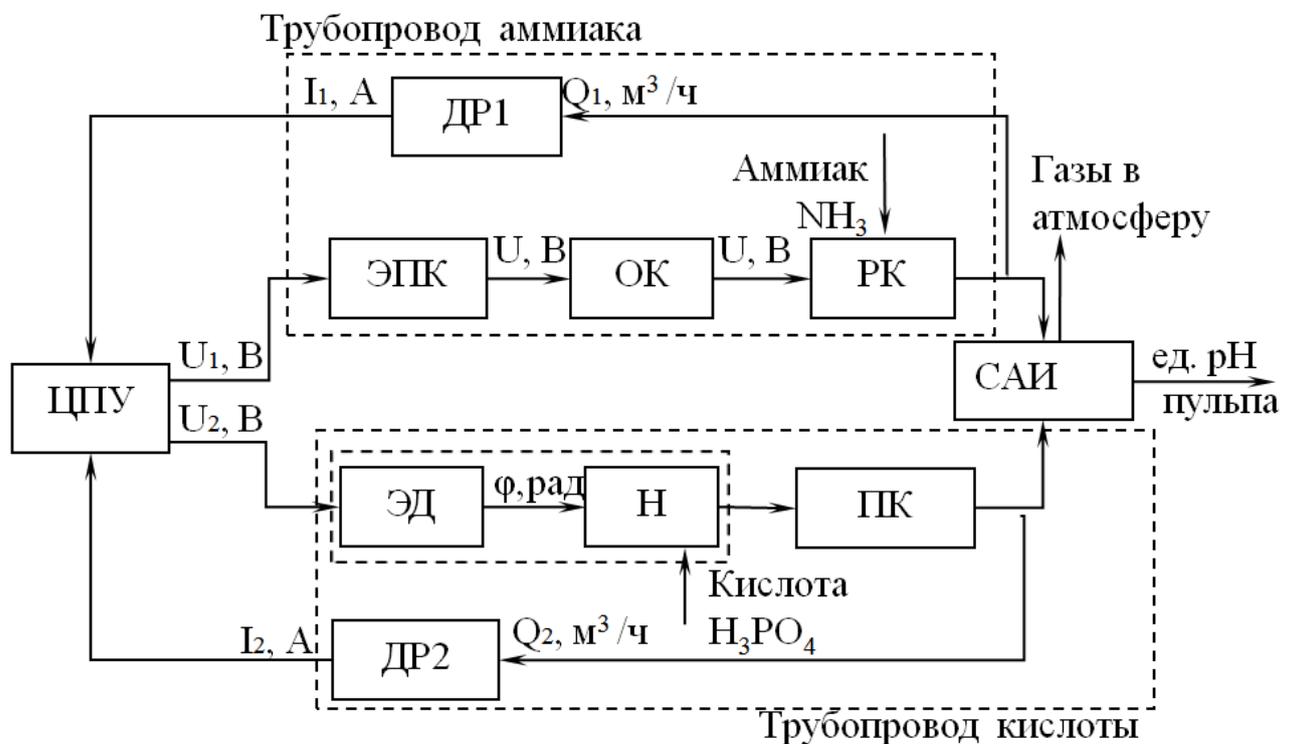
1.3.8 Фасовка диаммонийфосфата. Фасовка продукта в мягкие специализированные контейнера МКР (мешки Big – Bag)

Диаммонийфосфат из отделения дообработки и подготовки ленточным конвейером подается в отделение фасовки - бункер. Из бункера ДАФ поступает в бункер фасовочной машины. Включается вентилятор, затем наполнительный рукав мешка FIBC / Big – Bag раздувается и включается загрузка, открывается загрузочный штуцер, продукт засыпается в мешок. В процессе наполнения мешок FIBC / Big – Bag расположен на взвешивающем устройстве, где производится

автоматическое взвешивание продукта по принципу нетто, в соответствии с необходимыми параметрами точности. Приблизительная загрузка продолжается до заданного значения, затем включается точная загрузка и продолжается до заданного веса. Кнопкой включается весовой конвейер и заполненный мешок продвигается вперед. При достижении мешком первого фотоэлемента автоматически включается конвейер. После прохождения первого фотоэлемента конвейеры, останавливаются. На месте заполненного мешка FIBC / Big – Bag устанавливается и подготавливается к наполнению следующий мешок. Цикл затаривания повторяется. Заполненные мешки продвигаются с помощью конвейера и далее мостовым краном перемещаются к месту складирования или производится погрузка в железнодорожные вагоны.

1.4 Прототип системы

В качестве основополагающей системы рассмотрим автоматизированную систему нейтрализации, функциональная схема которого приведена на рисунке 8.



ЦПУ – центральный пункт управления; ЭПК - электропневмоклапан;

ОК – отсечной клапан; РК - регулировочный клапан; ЭД –

электродвигатель; Н – насос; ПК – пневматический клапан; САИ – скоростной аммонизатор испаритель; ДР1,Д2 – датчик расхода кислоты и аммиака.

Рисунок 8 – Функциональная схема прототипа системы нейтрализации

Существующий процесс первой стадии нейтрализации выполнен с использованием пневматического оборудования.

В центральном пульте управления (ЦПУ) оператор задает задатчиком расходы кислот и аммиака в зависимости от концентрации фосфорной кислоты. Пневматический сигнал приводит в действие исполняющие механизмы (регулирующий клапан (РК) и пневматический клапан (ПК)). Электропневмоклапан и электронасос включается ключом вручную оператором. Начинается подача кислот и аммиака в циркуляционную камеру САИ, где происходит реакция. На трубопроводе аммиака перед регулирующим клапаном и на трубопроводе кислоты после пневмоклапана установлены расходомеры.

рН получаемой пульпы на выходе из САИ отбирается вручную и замеряется в лабораторных условиях.

Существенным недостатком этой системы является то, что управление процессом осуществляется вручную.

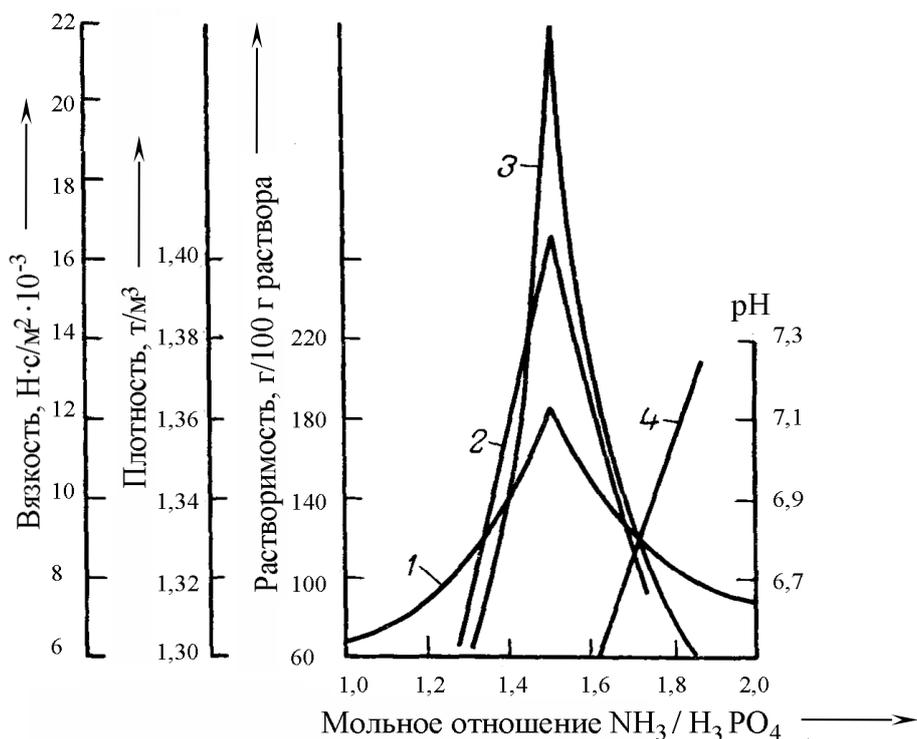
В значении рН пульпы большую роль играет человеческий фактор и время проведения замера. Использование пневматического оборудования приводит к ухудшению качества управления, поскольку существуют запаздывания при передаче показаний приборов.

1.5 Постановка цели дипломного проектирования

Целью дипломного проекта является разработка системы автоматического регулирования уровня рН диаммонийфосфатной пульпы на первой стадии нейтрализации.

Стадия аммонизации (нейтрализации или сатурации) фосфорно-кислотных растворов обязательна в том или ином аппаратурном оформлении при получении

плотность, растворимости и рН) насыщенных растворов ДАФ от мольного отношения $\text{NH}_3 : \text{H}_3\text{PO}_4$ при 25 °С.



1 – растворимость; 2 – плотность; 3 – вязкость; 4 – рН раствора.

Рисунок 9 - Зависимость физико-химических свойств насыщенных растворов ДАФ от мольного отношения $\text{NH}_3 : \text{H}_3\text{PO}_4$ при 25 °С

Образование комплексных соединений происходит при низких значениях рН.

Поэтому, чтобы избежать образования неусвояемых солей, процесс нейтрализации фосфорной кислоты необходимо вести при рН не ниже 4.

Для стабилизации уровня рН разработаем систему автоматического регулирования расхода аммиака и фосфорной кислот.

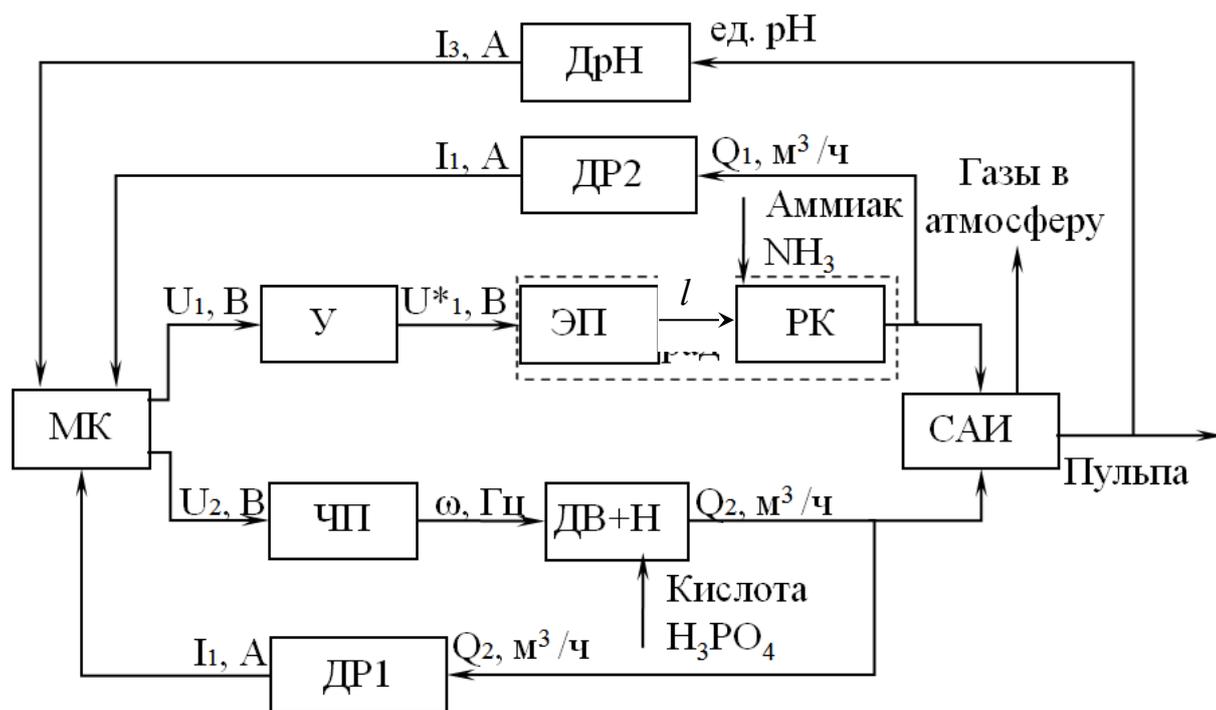
Результатом создания автоматизированной системы является повышение эффективности функционирования технологического комплекса за счет улучшения системы регулирования и контроля подачи исходной кислоты и расхода аммиака в нейтрализаторе. Условием достижения поставленной цели является улучшение качества получаемой пульпы на выходе из САИ.

2 ОПИСАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ПЕРВОЙ СТАДИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ. ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА

2.1 Описание автоматизированного процесса первой стадии нейтрализации фосфорной кислоты

Система автоматического управления технологическим процессом первой стадии нейтрализации (рисунок 10) состоит из следующих элементов:

- микропроцессора, выполняющего функции задатчика, сравнивающего устройства, корректирующего устройства;
- пускателя бесконтактного реверсивного и частотного преобразователя, используемого в качестве элемента управления;



Микропроцессор (МК), усилитель (У), электродвигатель (ЭД), регулировочный клапан (РК), частотный преобразователь (ЧП), двигатель (ДВ), насос (Н), скоростной аммонизатор-испаритель (САИ), датчик расхода кислоты и аммиака (ДР1, ДР2), датчик рН (ДрН).

Рисунок 10 - Функциональная схема системы автоматического

регулирования кислотности пульпы

- измерительного органа – расходомера и рН-метра;
- насоса и электродвигателя, использующихся в качестве исполнительного механизма;
- рабочей емкости САИ;
- регулирующего клапана.

Регулирование расхода кислоты и аммиака производится следующим образом: посредством микропроцессора устанавливается требуемое значение регулируемой величины – рН пульпы.

Работает система следующим образом (рисунок 11). В микроконтроллере устанавливается требуемый уровень значения рН пульпы. Сигнал поступает на двигатель насоса. Частотным преобразователем задается количество оборотов двигателя, тем самым регулируется подача жидкости. Насос начинает закачивать в циркуляционную трубу САИ фосфорную и серную кислоты.

Расход кислоты контролируется расходомером, установленным на трубопроводе к САИ. Регулирование расхода осуществляется частотой оборотов двигателя насоса.

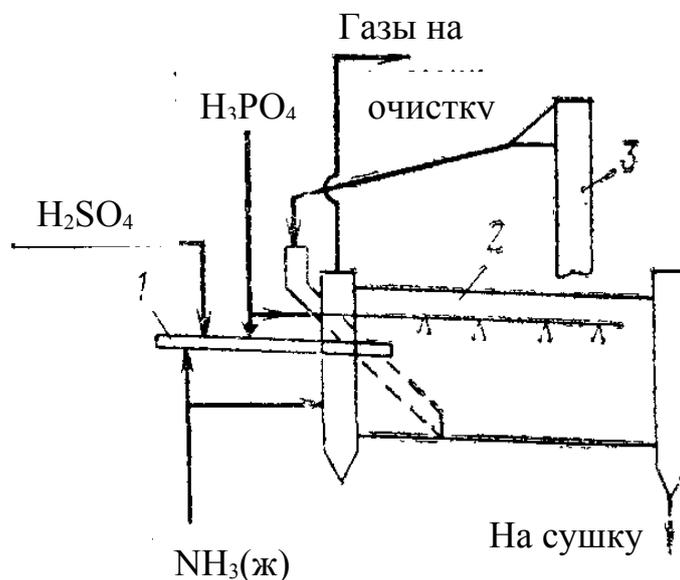
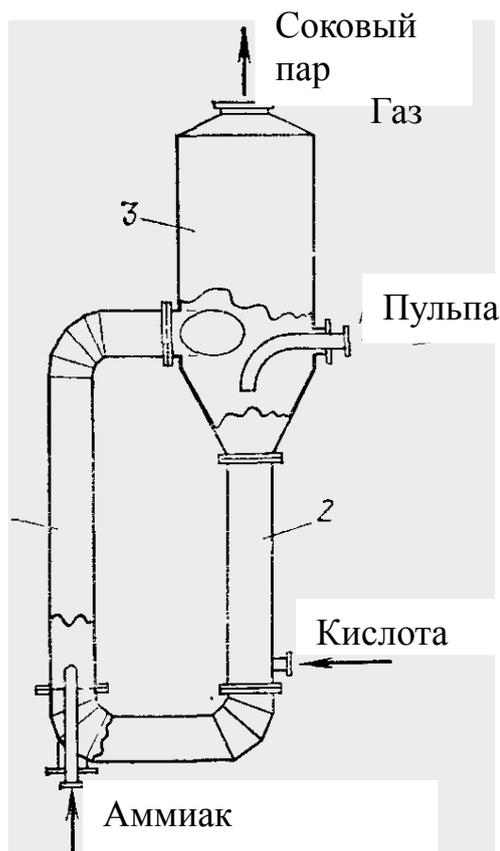


Рисунок 11 – Схема узла нейтрализации

Реактор САИ представляет собой стальной цилиндрический цилиндр (рисунок 12). Реакционная труба имеет штуцер для ввода аммиака, циркуляционная – штуцер для ввода фосфорной кислоты и серной кислоты. Сигнал, поступающий с

микроконтроллера через пусковой бесконтактный реверс подается на электродвигатель, активирующий регулировочный клапан.



1 - реакционная камера; 2 - циркуляционная труба; 3 - сепаратор.

Рисунок 12 – Скоростной аммонизатор-испаритель (САИ)

Регулировочный клапан может, работает и в отсечном режиме.

Начинается подача аммиака. Расход аммиака контролируется расходомером, установленным на трубопроводе к САИ. Расход аммиака может регулироваться согласно заданию, по соотношению с расходом фосфорной кислоты и в зависимости от pH пульпы на выходе из САИ.

В результате многократной циркуляции пульпы в САИ происходит постепенная аммонизация до оптимального мольного отношения NH_3 : $\text{H}_3\text{PO}_4=1.35\div 1.45$, что предотвращает бурное кипение и потери аммиака.

На выходе из реактора САИ установлен pH метр, который измеряет pH пульпы и сравнивает со значением в микроконтроллере. В случае несоответствия заданному значению pH производится регулировка аммиака и кислоты насосом и заслонками.

Избыток парогазовой смеси направляется в систему абсорбции и в атмосферу. Таким образом, упрощенная функциональная схема САР примет вид (рисунок 13).

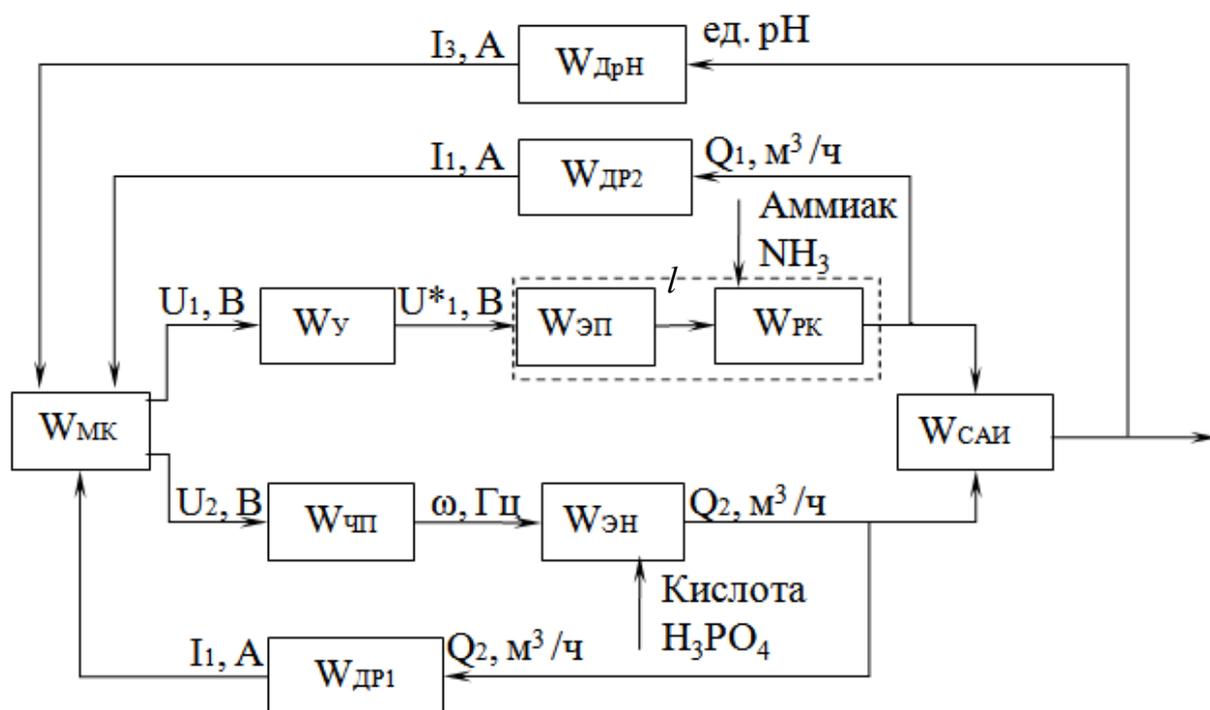


Рисунок 13 – Структурная схема системы автоматического регулирования кислотности пульпы

2.2 Требования к автоматизации процесса первой стадии нейтрализации фосфорной кислоты

2.2.1 Требования к системе. Создаваемая распределенная система управления (PCY) должна выполнять функции управления, обеспечивая устойчивое и точное управление объектом, гарантируя безопасную работу объекта и облегчать их эксплуатацию. Модульная структура системы основывается на стандартизированных микропроцессорных модулях.

2.2.2 Требования к структуре и функционированию системы. Структура создаваемой САР должна позволять централизованное управление установкой из единой операторной. Кроме того, в состав должна входить инженерная станция. Инженерная станция должна обеспечивать подготовку, наладку в режиме реального времени без остановки.

Структура должна позволять дальнейшее поэтапное расширение системы на все производство продукта, должна соответствовать магистрально-модульному принципу построения, должна быть наращиваемой, легко адаптироваться к изменениям характеристик технологических процессов во времени.

САР с 2-х уровневой системой. То есть задачи программно и аппаратно разделяются на два уровня. Первый должен осуществлять контроль результатов измерений и непосредственное цифровое управление по датчикам, выполнение необходимых переключений по командам верхнего уровня. Второй выполняет функции отображения данных о состоянии технологического процесса. Обмен информацией между 1-м и 2-м уровнями должен осуществляться автоматически.

САР должна быть рассчитана на непрерывный режим работы.

2.2.3 Требования к надежности. Система должна быть многофункциональной должна характеризоваться показателями безотказности (наработка на отказ в тысяч часов, коэффициенты готовности и прочее) по основным категориям выполняемых функций:

- централизованный контроль параметров, хранение и представление информации, сигнализация нарушений;
- автоматизированное регулирование;

2.2.4. Требования безопасности. Потенциальная опасность технологических процессов в широком смысле заложена в целом в самом производстве. В связи с этим используемые в составе САР технические средства должны иметь взрывозащищенное исполнение.

2.2.5. Перечень функций РСУ и требования к качеству их выполнения. Сбор и первичная обработка технологической информации:

- опрос аналоговых и дискретных датчиков КИП, нормирующих преобразователей, дискретных сигналов изменения состояния оборудования и пр.;
- Период опроса каждого параметра система РСУ должна обеспечивать:
 - время цикла опроса аналоговых сигналов не более 1 сек.;
 - время цикла опроса дискретных сигналов не более 1 сек.;

- время на выдачу регулирующих воздействий не более 1 сек.

2.2. 7. Требования к метрологическому обеспечению.

Метрологическое обеспечение должно отвечать требованиям:

Точность срабатывания дискретных датчиков не хуже 2,5 % от значения параметра.

Максимальная погрешность части измерительного канала, входящего в состав АСУ ТП, не должна превышать:

Таблица 2 - Погрешность части измерительного канала

Наименование типов измерительных каналов	Относительная погрешность измерений
Измерительный канал расхода	0,2%
Измерительные каналы электрических параметров: напряжения, тока, мощности	0,2%

3 РАСЧЕТ СКОРОСТНОГО АММОНИЗАТОРА-ИСПАРИТЕЛЯ

Скоростной аммонизатор-испаритель (САИ) состоит из циркуляционного контура, включающего реакционную камеру и циркуляционную трубу, соединенных центробежным сепаратором (рисунок 12). Интенсивное перемешивание пульпы в САИ обеспечивается без использования механических устройств за счет энергии химической реакции. При этом за счет тепла химической реакции происходит нагрев образующейся пульпы до температуры кипения и образование значительного количества паровой фазы.

За счет разности плотностей парожидкостной смеси в реакционной камере и жидкости в циркуляционной трубе в аппарате возникает интенсивная циркуляция, способствующая поглощению аммиака, выравниванию температур и концентраций по всему контуру аппарата. Парожидкостная смесь из реакционной камеры тангенциально поступает в сепаратор, где паровая и жидкая фазы разделяются. Паровая фаза удаляется через верхний штуцер и поступает на конденсацию, а жидкая по циркуляционной трубе возвращается в реакционную камеру. Избыток пульпы из аппарата через переток отводят на дальнейшую переработку.

Исследования процесса аммонизации фосфорной кислоты в САИ показали, что оптимальный гидродинамический режим работы аппарата имеет место при соотношении

$$g_n/g_{NH_3} \geq 1,2, \quad (1)$$

где g_n и g_{NH_3} – удельные количества пара, образующегося при аммонизации, и аммиака в реакционной камере [в кг/(м²с)].

Эти показатели определяют также и процессы массообмена. Объемный коэффициент массопередачи (K_V) в реакционной камере САИ достигает максимума при $g_n = 7,2 \div 7,8$ кг/(м²с) и может быть определен исходя из выражения

$$K_V = 1,07 \cdot 10^5 g_n g_{NH_3} / (45 + g_n^2) \quad (2)$$

В оптимальных условиях $g_n = 7,5$ кг/(м²с), а $g_{NH_3} > 6,25$. Следует

$$K_V = 1,07 \cdot 10^5 \cdot 7,5 \cdot 6,5 / (45 + 7,5^2) = 51518,5$$

Кратность циркуляции пульпы в САИ, определяемая отношением количества циркулирующей в контуре жидкой фазы к производительности аппарата, в зависимости от нагрузки изменяется в пределах от 10 до 22, а время пребывания пульпы в аппарате составляет 3,5—22,5 мин.

Скорость циркуляции жидкой фазы в САИ описывается эмпирическим уравнением

$$w_{\text{жс}} = 1,3[1 - \exp(-0,42 g_n)] \quad (3)$$

$$w_{\text{жс}} = 1,3[1 - \exp(-0,42 \cdot 7,5)] = 1,244$$

Средняя скорость жидкой фазы на входе в сепаратор САИ ($w'_{\text{жс}}$)

$$w'_{\text{жс}} = 1,3[1 - \exp(-0,42 g_n)] / (1 - 0,41 g_n^{0,33}) \quad (4)$$

$$w'_{\text{жс}} = 1,3[1 - \exp(-0,42 g_n)] / (1 - 0,41 g_n^{0,33}) = 1,025$$

За счет интенсивного перемешивания и выравнивания концентраций по контуру аппарата степень использования аммиака в САИ достигает 99,7%, что позволяет эксплуатировать эти аппараты без системы абсорбции.

Интервал концентраций фосфорной кислоты, которая может быть проаммонизирована до мольного отношения $\text{NH}_3:\text{H}_3\text{PO}_4 \approx 1$, составляет 18 ÷ 40% P_2O_5 .

При аммонизации в САИ кислоты концентрацией менее 18% P_2O_5 температура пульпы не достигает температуры кипения и в аппаратуре возникают гидроудары, обусловленные кавитационным эффектом.

Применять кислоту концентрацией выше 40% P_2O_5 нельзя из-за кристаллизации солей. Интервал концентраций кислот, аммонизируемых в САИ, может быть расширен за счет проведения процесса аммонизации при повышенном давлении.

Диаметр реакционной камеры ($d_{p,к}$ в м) определяют из выражения

$$d_{p,к} = \sqrt{\frac{G_{\text{H}_2\text{O}}}{3600 \cdot 0,785 \cdot g_n}}, \quad (5)$$

где $G_{\text{H}_2\text{O}}$ – количество воды, испаряемой в САИ, кг/ч;

g_n – удельный расход пара в реакционной камере, кг/(м²с).

=5 ÷ 6 т/ч. При $G_{\text{H}_2\text{O}} = 6000$ кг/ч

$$d_{p.k} = \sqrt{\frac{6000}{3600 \cdot 0,785 \cdot 7,5}} = 0,6$$

Диаметр циркуляционной трубы рекомендуется принимать равным диаметру реакционной камеры.

Высоту реакционной камеры ($H_{p.k}$ в м)

$$H_{p.k} = NV / 0,785 d_{p.k} K_V, \quad (6)$$

где N – число единиц переноса;

V – удельный объем водяного пара, м³/кг;

K_V – объемный коэффициент массопередачи, ч⁻¹.

Значение N принимают равным 2,3, а объемный коэффициент массопередачи K_V определяют по формуле (2).

При $V=10,5$ м³/кг $H_{p.k}=6$ м.

Эффективность работы сепаратора определяется соотношением тангенциальной скорости входа пара в сепаратор U и осевой скорости подъема паров w_o .

Тангенциальная скорость:

$$U = g_n \cdot 0,67 / 0,41 \rho_n, \quad (7)$$

где ρ_n — плотность водяного пара, кг/м³.

При $\rho_n=0,1$ кг/м³ $U=111,46$

Соотношение между тангенциальной и осевой скоростями пара в сепараторе лежит в пределах

$$U/w_o = 10 \div 20.$$

С учетом способности аммонизированных пульп к вспениванию и инкрустации поверхностей принимают $U/w_o=20$.

Диаметр сепаратора САИ (d_c , м)

$$d_c = \sqrt{\frac{G_{H_2O} \cdot V}{3600 \cdot 0,785 \cdot w_o}}$$

(8)

$$d_c = \sqrt{\frac{6000 \cdot 10,5}{3600 \cdot 0,785 \cdot 5,57}} = 2 \text{ м}$$

Высота сепаратора (H_c) складывается из высоты парового пространства (H_n в м) и части высоты сепаратора, заполненной жидкостью ($H_{жс}$).

Высота парового пространства (H_n) определяется исходя из теплового напряжения сепаратора по чистой воде

$$H_n = \frac{G_{н20}}{0.785 d_c^2 \delta_0^n}, \quad (9)$$

где δ_0 – допустимое тепловое напряжение сепаратора, кг/(м³ч);

n – коэффициент, учитывающий способность жидкости к вспениванию.

Для водных растворов солей $\delta_0 = 1000$.

Значение n для пульп фосфатов аммония принимают равным 0,7.

$$H_n = \frac{6000}{0.785 \cdot 2^2 \cdot 1000 \cdot 0,7} = 2,73$$

Высота жидкостной части сепаратора складывается из высоты ввода парожидкостной смеси над уровнем жидкости (h_B), высоты гиперболической части воронки жидкости, образующейся в сепараторе (h'), критического уровня жидкости над циркуляционной трубой ($h_{кр}$).

С целью уменьшения образования вторичной пены принимают $h_B = 0,2$ м.

Рассчитываем высоту h'

$$h' = (w'_{жс} / 2\theta g)^2 [(d_c / d_{ц.т.р})^{2\theta} - 1], \quad (10)$$

где $w'_{жс}$ – средняя скорость жидкой фазы на входе в сепаратор, м/с;

θ – коэффициент трения пульпы о стенки аппарата;

g – гравитационная постоянная;

$d_{ц.т.р}$ – диаметр циркуляционной трубы, м.

Значения $w'_{жс}$ рассчитывают по формуле (4), а θ принимают равным 0,4.

$$h' = \left(\frac{1,025}{2 \cdot 0,4 \cdot 7,5} \right)^2 \left[\left(\frac{2}{0,6} \right)^{2 \cdot 0,4} - 1 \right] = 0,047$$

Критический уровень жидкости над циркуляционной трубой

$$H_{кр} = 0,789 w'_{жс}{}^{0,545} d^{0,78} \text{ц. тр.}, \quad (11)$$

где $w_{жс}$ — скорость циркуляции жидкой фазы, определяемая по уравнению (3), м/с.

$$H_{кр} = 0,785 \cdot 1,025^{0,545} \cdot 0,6^{0,78} = 0,534$$

В настоящее время разработан ряд типоразмеров аппаратов САИ различной производительности.

Некоторые характеристики этих аппаратов приведены в таблице 2.

Таблица 3 – Характеристика аппарата САИ

Показатели	САИ-100		САИ-150	
	кислота из апатита	кислота из фосфоритов Каратау	кислота из апатита	кислота из фосфоритов Каратау
Диаметр, м:				
реакционной зоны	0,6		0,8	
циркуляционной трубы	0,6		0,7	
сепаратора	2,0		2,6	
Высота реакционной зоны,	6,0		5,1	
Масса аппарата, т	4,6		5,4	
Концентрация кислоты Р ₂ О ₅ , %	26 ÷ 32	19 ÷ 22	26 ÷ 32	19 ÷ 22
Производительность, т/ч:				
по кислоте	60 ÷ 75	100 ÷ 120	120 ÷ 130	150 ÷ 180
по аммиаку, т/ч	4,5 ÷ 6,0	5,0 ÷ 7,0	8,0 ÷ 10,0	8,0 ÷ 10,0
Количество испаренной воды, т/ч	5 ÷ 6	5 ÷ 7	10 ÷ 12	9 ÷ 11
Влажность пульпы, %	42 ÷ 44	53 ÷ 57	42 ÷ 44	53 ÷ 57
Температура в аппарате, °С	103 ÷ 105	102 ÷ 103	103 ÷ 106	102 ÷ 103
рН пульпы		4,5 ÷ 5,2		4,5 ÷ 5,2
Отношение NH ₃ : Н ₃ РO ₄		1,25 ÷ 1,30		1,25 ÷ 1,30
Концентрация аммиака в соковом паре, г/м ³	0,2 ÷ 0,9	0,1 ÷ 0,7	0,2 ÷ 0,9	0,05 ÷ 0,7

4 ВЫБОР И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ

Цель: выбор схемы автоматизации контроля и управления расходом фосфорной кислоты и аммиака, поступающих в нейтрализатор с коррекцией расхода фосфорной кислоты для обеспечения заданного рН пульпы.

В недавнее время контроль и управления этой технологической операции осуществлялся частично. Контроль расхода жидкостей велся с помощью морально устаревших приборов КИПиА. Проблема состоит в том, что приборы имеют большую погрешность измерений, из-за этого осложняется контроль расходом, что приводит к ухудшению качества продукта. Вследствие падение производительности, повышение себестоимость продукта.

4.1 Выбор микроконтроллера и расчет передаточной функции

Микроконтроллер в системе должен выполнять функцию обработки сигнала, поступающего с датчика, и выдавать соответствующее значение на выработку управляющего сигнала. На вход программируемых логических контроллеров ПЛК от датчика поступают измеренные значения величин рН пульпы, характеризующих производственный процесс. Контроллеры реализуют заданные функции контроля и выдают результаты на экран дисплея рабочей станции оператора и управляющие воздействия на ПБР объекта автоматизации.

В разрабатываемой системе будет установлен микроконтроллер YOKOGAWA UT750 в силу наличия у него всех требуемых компонентов и достаточной производительности работы.

Контроллер UT750 – это интеллектуальный прибор на базе микропроцессора с мощными возможностями управления, функцией пользовательских вычислений и удобным большим цифровым дисплеем. Конфигурация указанных функций производится с клавиатуры на лицевой панели контроллера. Кроме того, стандартно встроены 13 типов алгоритмов регулирования, а также функция подавления перерегулирования "SUPER", функция подавления рыскания "SUPER 2" и

автонастройка.

Программируемый контроллер UT 750 фирмы YOKOGAWA работает в реальном масштабе времени и может быть использован для построения узлов локальной автоматики, и узлов, поддерживающих обмен данными через сети.

Программируемый высоко быстродействующий контроллер характеризуется выполнением различных видов управления:

Непрерывное одноконтурное, двухконтурное или каскадное ПИД-регулирование;

Непрерывное каскадное ПИД- регулирование;

Управление в режиме ВКЛ/ВЫКЛ;

Пропорциональное управление.

Таблица 3 - Технические характеристики

Основные характеристики	US7500
Аналоговые входы	2 универсальных входа
Точность индикации	0,1% ± 1
Дополнительный аналоговый вход	1 точка
Период сканирования	50 ÷ 500 мсек.
Контуров управления	1 или 2 (каскад, независимо)
Алгоритмы управления	Дискретный, 3-позиционный, ПИД
Функции подавления, автонастройка	SUPER, Автонастройка
Управляющие выходы	Выбор между 2 набора реле, импульсы напряжения или 4 ÷ 20 мА
Дополнительный аналоговый выход	2 точки, когда выход релейный
Питание датчиков	2 точки 24 В
Дискретные входы	2 или 7
Дискретные выходы	3 или 7
Цифровой дисплей	Увеличенный 5-разрядный

Пользовательские вычисления позволяют просто запрограммировать прибор под конкретное приложение. Функциональные блоки включают в себя арифметические, логические, специальные вычисления и так далее. Предусмотрены различные функции связи. Возможна установка связи с персональным компьютером, программируемым логическим контроллером и другими контроллерами.

Характеристики сигналов ввода-вывода микроконтроллера UT750:

Сигнал измерительного входа:

Число точек входов	1 или 2.
Выходное напряжения, В	36.
Период дискретизации, мс	50, 100, 200 или 500 (по умолчанию 200).
Входной ток смещения, мкА	0,05.
Измерительный ток (RTD), мА	0,13.
Входное сопротивление, МОм	1 или более.
Допустимое сопротивление источника сигнала, Ом	250 или менее.
Допустимое входное напряжение, В	24.
Коэффициент шумоподавления, Гц	50/60.
Собственный шум, дБ	40.
Дополнительный сигнал аналогового входа:	
Период дискретизации, мс	100, 200 или 500.
Погрешность входного сигнала, %	от 0,2 до 0,4.
Управляющие выходы	
Выходной сигнал постоянного тока, мА	4/20, 0/20, 20/4 20/0..
Точность выходного сигнала, %	0,1.
Передаточная функция микроконтроллера:	
$W_{МП}(p) = I$	(12)

4.2 Выбор частотного преобразователя и расчет передаточной функции

Преобразователи частоты предназначены для преобразования трехфазного

напряжения переменного тока, с постоянной частотой, в трехфазное напряжение с регулируемой частотой.

Принцип работы преобразователя частоты построен на основании особенностей работы асинхронного двигателя.

Предварительный выбор преобразователя проводится из соображений:

- мощность двигателя должна быть больше мощности нагрузки;
- типоразмер преобразователя частоты выбирается так, чтобы номинальный ток двигателя (I_n) был меньше тока на выходе преобразователя частоты ($I_{нч}$).

Главным параметром при выборе преобразователя является потребляемый электрический ток двигателя, поскольку он определяет режим работы выходных силовых транзисторов. Полная выходная мощность преобразователя в этом случае должна выбираться больше или равной номинальной мощности электродвигателя.

В качестве преобразователя частоты выберем Altivar 61, так как он удовлетворяет требованиям системы по техническим характеристикам.

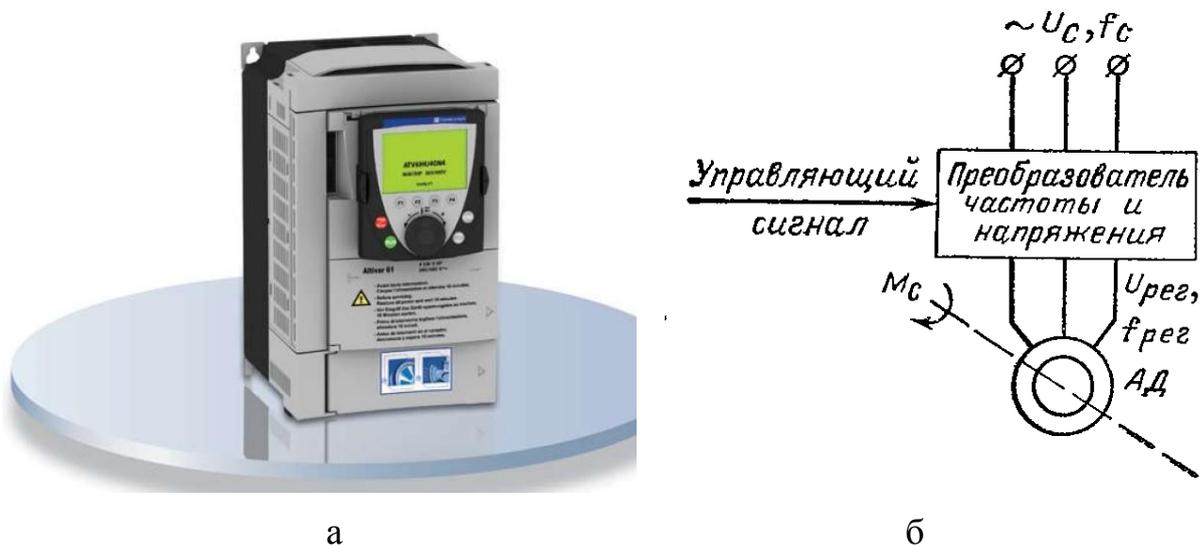


Рисунок 14 – Преобразователь частоты Altivar 61. а) - внешний вид; б) блок схема асинхронного двигателя с частотным преобразователем

ATV 61 используется для регулировки электропривода с асинхронным электродвигателем общепромышленного назначения. Вышеуказанный эффект достигается путём изменения частоты и амплитуды трёхфазного напряжения, поступающего на электродвигатель. За счет повышенной перегрузочной

способности (до 130 %) Altivar 61 может применяться на приводах насоса. Altivar 61 контролирует отсутствие потока жидкости и позволяет ограничить скорость потока. Кроме этого, он имеет специальное исполнение для химически агрессивных сред.

Наличие следующих функций в Altivar 61:

- встроенный ПИД-регулятор;
- "подхват на лету" вне зависимости от направления вращения двигателя;
- отказоустойчивость: работа при 50 % просадке напряжения

Технические характеристики преобразователя частоты Altivar 61:

Мощностью электропривода, кВт	от 0,75 кВт до 800.
Номинальная частота коммутации, кГц	12.
Выходная частота ω , Гц	52.
Напряжение сети U, В	380.

Передаточная функция частотного преобразователя:

$$W_{\text{чп}}(p) = k,$$

где $k = \frac{U_2^*}{U_2}$

Напряжения U_2 , с выхода микроконтроллера составляет 36 В

$$k = \frac{380 \text{ В}}{36 \text{ В}} = 10,5(5)$$

$$W_{\text{чп}}(p) = 10,5(5) \tag{13}$$

4.3 Выбор электронасоса и расчет передаточной функции

Насос - гидравлическая машина, служащая для преобразования энергии приводного двигателя в механическую энергию потока жидкости и ее перемещения в полость высокого давления.

В результате проведения сравнительного анализа насосов различных типов и конфигураций был выбран электронасос типа ТХИ 90/49-1,0-2И-Щ-У2 с асинхронным двигателем переменного тока 5AM250S4. Насос полупогружной,

вертикальный. Предназначены для перекачивания химически активных взрывоопасных и легковоспламеняющихся жидкостей на предприятиях нефтехимической и химической отраслей промышленности. Без включений или содержащих твердые включения объемной концентрацией до 15% с размером частиц до 1 мм.

Технические характеристики электронасоса:

Глубина погружения насоса, м 1.

Напор насоса, м 49.

Подача насоса, м³/ч 90.

Частота вращения насоса, об/мин 1450.

Мощность насоса, кВт 24.

Мощность электродвигателя, кВт 75.

Кинематическая вязкость 10⁻⁶, м²/с до 30.

Плотность, кг/м³ до 1850

Напряжение сети, В 380.

Время запаздывания, с 2.

Выходной сигнал насоса расхода кислоты - расход Q :

- изменяется в пределах от, м³/ч 0 ÷ 30.

Входной сигнал – напряжение U , В 380.

Характеристики перекачиваемой кислоты:

Подача кислоты, м³/ч 30.

Кинематическая вязкость кислоты, 10⁻⁶ МПа×с 5,7.

Плотность 37% фосфорной кислоты (P₂O₅), кг/м³ 1333,4.

Насосы в составе агрегатов относятся к изделиям (восстанавливаемым)

общего назначения «ИОН» Вид 1 по ГОСТ 27.003-90.

Передаточная функция насосной установки:

$$W_{ЭН(p)} = \frac{Q}{U^*} * \frac{1}{(Tp + 1)},$$

где Q - расход рабочей среды;

U - напряжение питания.

Подставляем известные коэффициенты, получаем передаточную функцию ГЦН:

$$W_{эн}(p) = \frac{30}{380} \cdot \frac{1}{(2p+1)} = \frac{0,08}{2p+1} \quad (14)$$

4.4 Выбор усилителя и расчет передаточной функции

В качестве усилителя выберем ПБР-3А - пускатель бесконтактный реверсивный. ПБР, предназначен для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами, в приводе которых использованы трехфазные электродвигатели. Пускатель ПБР-3 обеспечивает плавный пуск, динамическое торможение и реверс трехфазного синхронного электродвигателя. Входным сигналом пускателей является напряжение. Пускатель рассчитан на подключение электродвигателей различной мощности.



Рисунок 15 – Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3А

Технические характеристики пускателя бесконтактного реверсивного ПБР-3А:

Входной сигнал, В	36.
Напряжение питания на выходе, В	380.
Входное сопротивление, Ом	750.
Максимальный коммутируемый ток, А	3.
Потребляемая мощность, Вт	не более 5.
Быстродействие, мс	25.

Частота тока, Гц	50.
Разница между длительностями входного и выходного сигналов не более, мкс	20.

Передаточная функция пускателя:

$$W_y(p) = k,$$

где
$$k = \frac{U_I^*}{U_I} = \frac{380(\hat{A})}{36(\hat{A})} = 10,5$$

$$W_y(p) = 10,5. \quad (15)$$

4.5 Электропривод МЭП-25000/60-30-00К и расчет передаточной функции

Выбор электрического привода в качестве прямоходного механизма не случаен, поскольку он достаточно устойчив и точен. Его можно привести в действие посредством контроллера процесса.

Механизм МЭП-25000/60-30-00К с трехфазным двигателем переменного тока АИР56В4 предназначен для привода запорно-регулирующей арматуры (запорных, запорно-регулирующих, регулирующих клапанов) в системах автоматического регулирования технологическими процессами в соответствии с командными сигналами, поступающими от регулирующих и управляющих устройств. Устанавливается непосредственно на трубопровод арматуры, и соединяется со штоком регулирующего органа посредством резьбовой муфты.

Степень защиты IP 65 по ГОСТ 14254-96 обеспечивает работу при наличии в окружающей среде пыли и водяных струй. Устойчивы и прочны к воздействию синусоидальных вибраций по группе исполнения VI ГОСТ 12997-84.

Технические характеристики электропривода МЭП-25000/60-30-00К:

Номинальная мощность, Вт	180.
Напряжение питания, В	380.
Номинальное усилие на штоке, Н	25000.
Номинальное время полного хода штока, сек	60.
Номинальный полный ход штока, мм	30.

Мощность электропривода, Вт	250.
Частота вращения выходного вала, об/мин	48.
Сопротивление обмотки возбуждения, Ом	262.
Технические характеристики двигателя АИР56В4:	
Ток статора, А	0,83.
КПД, %	64.
Коэффициент мощности, $\cos\phi$	0,68.
Номинальный крутящий момент, Н×м	50.
Момент инерции, кг×м ²	0,00079.
Мпуск/ Мном	2.3.
Ипуск./Ином	5.
Синхронная частота вращения, об/мин	1500.

Расчет передаточной функции электропривода:

На входе электропривода имеем дифференциальное звено оценивающее разность между напряжением и ЭДС двигателя. На выходе должен быть сигнал перемещения, который сможем подать на клапан, поэтому включаем безынерционное звено.

Передаточная функция электропривода с асинхронным трехфазным двигателем запишется в следующем виде

$$W_{ЭП}(p) = \frac{K_{\partial}}{T_M p + 1},$$

где K_{∂} - коэффициент усиления двигателя.

T_M - электромеханическая постоянная времени

Рассчитаем электромеханическую постоянную

$$\frac{M_{max}}{M_{ном}} = \left(\frac{S_{ном}}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S_{ном}} + 2aS_{кр} \right) / \left(2 + 2aS_{кр} \right),$$

где $a = 5S_{ном} = 0,1 \cdot 5 = 0,5$

Решая уравнение относительно $S_{кр}$ и подставляя численное значение a и $S_{ном}$ получаем

$$2,2 = \left(\frac{0,1}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{0,1} + 2 \cdot 0,5S_{кр} \right) / \left(2 + S_{кр} \right)$$

$$1,1 \cdot S_{кр}^2 - 2,2 \cdot S_{кр} - 4,39 = 0$$

Решение этого уравнения дает $S_{кр}=0.024$ и $S_{кр}=0.48$. Так как критическое скольжение трехфазных двигателей с короткозамкнутым ротором лежит в пределах 0,4 до 0,5, выбираем $S_{кр}=0.48$

Найдем численное значение $M_{кр}$

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_0(1 - S_{ном})} = \frac{180}{1500(1 - 0,1)} = 0.133$$

$$M_{кр} = 2,5 \cdot M_{ном} = 2,5 \cdot 0.133 = 0.33$$

Найдем значение момента двигателя M_{∂}

$$M_{\partial} = \frac{2M_{кр}(1 + aS_{кр})}{\left(\frac{S_{ном}}{S_{кр}}\right) + \left(\frac{S_{кр}}{S_{ном}}\right) + 2aS_{кр}} = 0.2$$

Жесткость механической характеристики β_0

$$\beta_0 = \frac{\Delta M_{\partial}}{\Delta \omega} = 1.9 \cdot 10^{-3},$$

где ω – скорость холостого хода;

Определим электромеханическую постоянную времени

$$T_M = \frac{J}{\beta_0} = 0.42$$

где J - момент инерции двигателя.

Рассчитаем электромеханическую постоянную

$$K_{\partial} = \frac{K_M}{\beta_0},$$

где K_M - механическая постоянная;

$$K_M = \frac{M_{\partial}}{a} = 0.4$$

$$K_{\partial} = 24$$

Передаточная функция электропривода

$$W_{ЭП}(p) = \frac{24}{0,42p + 1} \quad (16)$$

4.6 Выбор регулирующего клапана и расчет передаточной функции

Зависимость пропускной способности от хода затвора регулирующего клапана

(плунжера) при постоянном перепаде давлений на клапане определяет собой характеристику регулирующего клапана. При линейной пропускной характеристике обеспечивается пропорциональная зависимость между пропускной способностью клапана и ходом плунжера. Чем больше ход клапана, тем больше увеличивается ход.

Регулирующие клапаны чаще всего изготавливают с пневматическими мембранными исполнительными механизмами (МИМ), сильфонными исполнительными механизмами (СИМ) или электрическими исполнительными механизмами (ЭИМ). Плунжер по конструктивному исполнению может быть стержневым, полым, сегментным, тарельчатым и поршневым (клеточным).

В нашем техническом процессе используем клеточно-плунжерный регулирующие-отсечной электроклапан КМРО.Э с линейной пропускной способностью и приводом МЭП (механизм электромагнитный прямоходный), так как он удовлетворяет требованиям системы.



Рисунок 16 – Регулирующий клапан КМР.Э

КМРО.Э могут не только регулировать, но и быстро открывать и закрывать трубопровод с герметичностью, соответствующей отсечному клапану. Быстрое открытие или закрытие клапана обеспечивается за счет электромагнитного клапана.

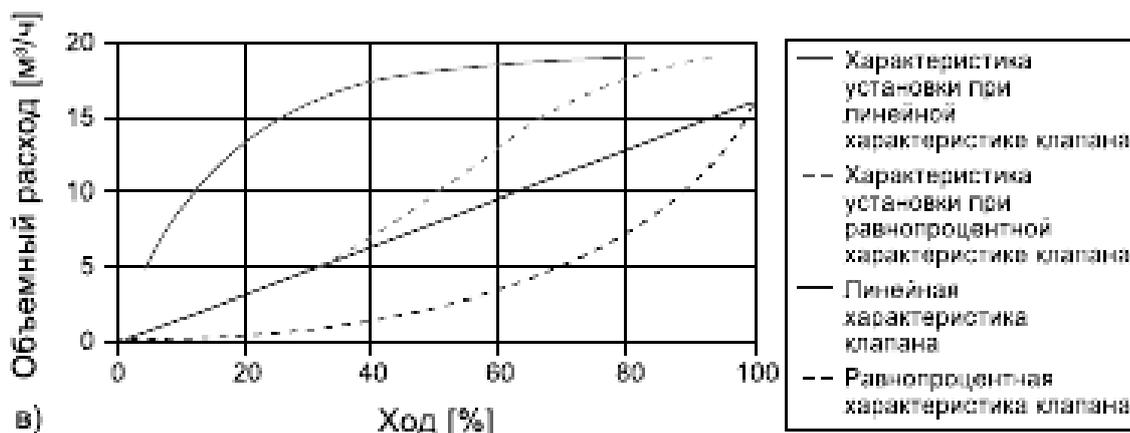


Рисунок 17 – Пропускная способность регулирующего клапана КМР.Э

Технические характеристики регулирующего клапана КМР.Э:

Пропускная способность	линейная.
Диаметр Ду, мм	150.
Условное давление аммиака, кг/м ³	0,77.
Пропускная способность K _{vу} , м ³ /ч	50.
Выходной сигнал клапана - расход Q:	
- изменяется в пределах от, м ³ /ч	0 ÷ 19.
Входной сигнал – открытие плунжера Δh:	
- изменяется в пределах от, %	0 ÷ 100.

Класс герметичности регулирующе-отсечных клапанов в стандартном варианте «В»

Расчет передаточной функции регулирующего клапана.

Регулирующий клапан изменяет расход газа G_z при перемещении плунжера h . При мгновенном изменении h расход газа также меняется мгновенно. Поэтому клапаны являются обычными усилительными звеньями, в которых входная и выходная величины связаны коэффициентом передачи $k_{кл}$.

$$W_{PK(p)} = k_{PK}$$

$$k_{PK} = \frac{\Delta G_z}{\Delta h},$$

где Δh = открытие плунжера, %;

ΔG_2 – расход аммиака на выходе

$$W_{PK(p)} = \frac{19 \text{ (м}^3/\text{ч)}}{100\%} = 0.19 \text{ (м}^3/\text{ч)} \quad (17)$$

4.6 Выбор датчика расхода фосфорной кислоты и расчет передаточной функции

Расходомер-счетчик электромагнитный РСЦ - 2 предназначен для непрерывного измерения расхода и объема, протекающих по трубопроводу агрессивных кислот, жидкостей с удельной проводимостью не менее 200 мкС/м, для применения в технологических целях в системах автоматического регулирования.



Рисунок 18 – Расходомер-счетчик электромагнитный РСЦ - 2

Технические характеристики расходомера РСЦ - 2:

Рабочее давление, $P_{\text{раб.}}$, МПа:	1333,4.
Диапазон t^0 измеряемой жидкости, ^0C :	от 0 до плюс 150.
Диаметр трубопровода D_u , мм:	150.
Предел измерений, мА	от 0 до 5.
Предел измерения, $\text{м}^3/\text{ч}$	от 0 до 180.
Входной сигнал датчика расхода жидкости - расход Q :	
- изменяется в пределах от, $\text{м}^3/\text{ч}$	$0 \div 30$.
Выходной сигнал – ток:	
- изменяется в пределах, мА	$0 \div 5$.

Вывод передаточной функции:

$$W_{ДР1}(p) = \frac{k}{Tp + 1},$$

где k - коэффициент преобразования.

$$k = 5 \times 10^{-3} / 30 = 0,16(6) \times 10^{-3} \text{ (А} \times \text{ч/м}^3\text{)}$$

T – время запаздывания.

$$T = 0,2(\text{с})$$

Отсюда передаточная функция:

$$W_{ДР1}(p) = \frac{0,16(6) \cdot 10^{-3}}{0,2p + 1}. \quad (18)$$

4.7 Выбор преобразователя расхода аммиака и расчет передаточной функции

САПФИР-22ДД-2440 предназначен для преобразования в унифицированный токовый сигнал разности расхода газа (аммиака).

Основные технические характеристики САПФИР-22ДД-2440:

Верхние пределы измерения, МПА 0,63.

Пределы допускаемого рабочего избыточного давления, кгс/см² 10.

Выходные сигналы, мА от 0 до 5.

Пределы допускаемой основной погрешности, % 0,5.

Входной сигнал датчика расхода газа - расход Q:

- изменяется в пределах ΔQ , м³/ч 0 ÷ 19.

Выходной сигнал – ток:

- изменяется в пределах, мА 0 ÷ 5.

Вывод передаточной функции:

Зависимость между выходным и измеряемым параметром определяется выражением:

$$I_p = \frac{P_{MAX} - \Delta P}{P_{MAX}} \cdot I_{MAX},$$

где I_p - расчетное значение выходного сигнала, соответствующее измеряемому давлению или разности давлений ΔP , мА;

I_{MAX} - наибольшее выходное значение выходного сигнала, (5 мА);

P_{MAX} - верхний предел измерений измеряемого давления (разности давлений), МПа;

ΔP - значение измеряемого давления (разности давлений), (0,063 МПа).

Зависимость между расходом Q и перепадом давления ΔP на диафрагме описывается выражением:

$$Q = 1,1107 \cdot d^2 \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho},$$

где d – диаметр диафрагмы, м;

ρ – плотность рабочей среды (для аммиака $\rho=7710$), кг/м³.

Для диафрагмы камерной ДКС-6-200 условный проход составляет Ду 200 мм, внутренний диаметр составляет $d=0,05$ м. Таким образом при измеряемом расходе $Q=19\text{м}^3/\text{ч}=40,69\text{кг}/\text{с}$ перепад давления рассчитывается следующим образом

$$\Delta P = \frac{Q^2}{1,1107^2 \cdot d^4 \cdot \rho} = \frac{Q^2 (\text{кг} / \text{с})}{1,1107^2 \cdot 0,05^4 (\text{м}) 7710 (\text{кг} / \text{м}^3)} = 16,8 Q^2 \text{ МПа}$$

$$I_P = \frac{0,63 - 16,8 \cdot Q^2}{0,63} \cdot 5$$

Построим по данному выражению характеристику

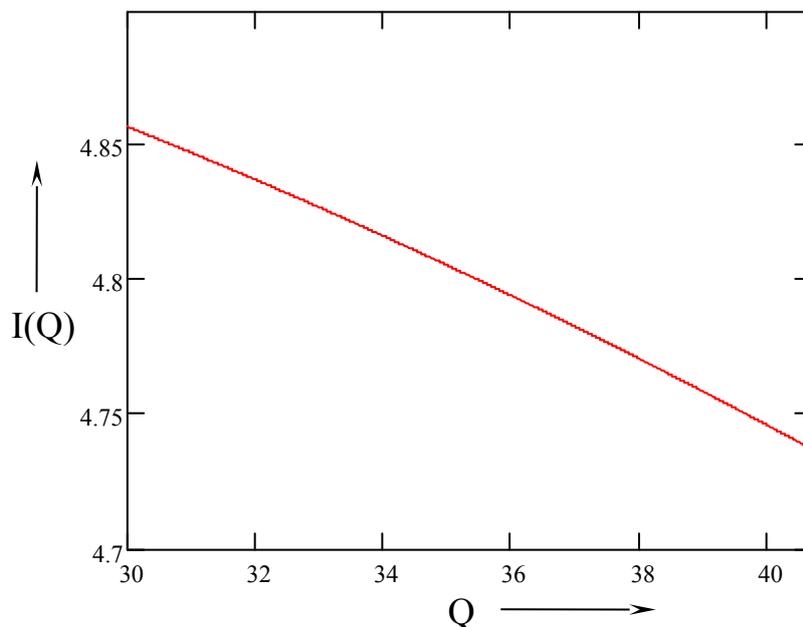


Рисунок 19– Характеристика преобразователя расхода в рабочем диапазоне

$$k_P = \frac{4,86 - 4,73}{|30,1 - 40,69|} = 0,011 \text{ мА}/(\text{кг}/\text{с}).$$

Или в системе СИ $k_p = 0,011 \cdot 10^{-3} \text{ A}/(\text{кг}/\text{с})$.

Таким образом, передаточную функцию датчика расхода можно представить в виде усилительного звена с рассчитанным выше коэффициентом пропорциональности.

$$W(p) = 0.011 \cdot 10^{-3} \text{ A}/(\text{кг} / \text{с}) \quad (19)$$

4.8 Выбор датчика рН пульпы и расчет передаточной функции

рН-метр — прибор для измерения концентрации ионов водорода (рН) в растворах и сырье, объектах окружающей среды и производственных систем непрерывного контроля технологических процессов.

Промышленный двухканальный рН-метр рН-4122 предназначен для автоматического измерения активности ионов водорода.



Рисунок 19 – Промышленный двухканальный рН-метр рН-4122

Прибор представляет собой двухканальное средство измерений и состоит из двух первичных преобразователей (ПП) рН-41211 и двухканального измерительного прибора (ИП).рН-4122 обеспечивает цифровую индикацию значений рН, преобразование их в пропорциональные значения унифицированных выходных сигналов постоянного тока, обмен данными по цифровому интерфейсу RS485, сигнализацию о выходе измеряемых параметров за пределы заданных значений.

Технические характеристики рН-метра рН-4122:

Время запаздывания, сек	60.
Количество измерительных каналов	2.
Диапазон измерений рН, ед. рН	от 0 до 14.
Диапазон измерений ЭДС, мВ	от минус 750 до плюс 750.
Температура анализируемой среды, °С	от 0 до плюс 100.
Предел допускаемого значения основной абсолютной погрешности:	
- при измерении рН в комплекте с ЗС	плюс минус 0,05.
- при измерении температуры	плюс минус 0,5.
Тип индикатора	жидкокристаллический графический.
Параметры сетевого питания, В, Гц	50.
Потребляемая мощность, Вт	не более 15.
Входной сигнал рН-метра - ед. рН:	
- изменяется в пределах, ед.рН	4 ÷ 5.
Выходной сигнал – ток:	
- изменяется в пределах, мА	0 ÷ 5.
Передаточная функция:	

$$W_{\text{дл}}(p) = \frac{k}{Tp + 1},$$

где T – постоянная времени;

k – коэффициент преобразования.

$$k = \frac{I(p)}{pH(p)} = \frac{5 \cdot 10^{-3} (A)}{5 (ед. pH)} = 0.001 (A/ед/ед)$$

$$W_{DpH}(p) = \frac{0.001}{60p + 1} \quad (20)$$

4.9 Выбор скоростного аммонизатора-испарителя и расчет передаточной функции

САИ представляет собой «участок смешения» и «перемешивания» представленный на рисунке.

k – коэффициент преобразования;

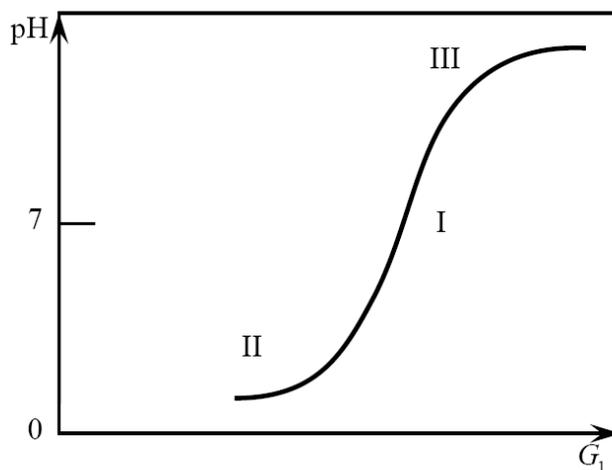


Рисунок 21 - Зависимость величины рН от суммарного расхода реагента

$$k = \frac{pH_{max}(p)}{G_{max}(p)} = \frac{5 \text{ (ед.рН)}}{51.8 \left(\frac{м^3}{ч} \right)} = 0.096 \left(\frac{\text{ед.рН}}{\frac{м^3}{ч}} \right)$$

$$T_1 = \frac{m}{M_{e1} + M_{e2}},$$

где m – масса полученной пульпы, кг;

M_{e1} - расход кислоты, кг/ч;

M_{e2} - расход аммиака, кг/ч.

$$T_1 = \frac{10.1}{11.12 + 40.69} = 0.19(с)$$

Подставив T и k в передаточную функцию получим:

$$W(p) = \frac{0.096}{0,19p + 1}. \tag{21}$$

5 РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ

5.1 Расчёт передаточной функции системы автоматического регулирования

Для расчетов передаточных функций и построения характеристик системы воспользуемся программой MATLAB и MathCad.

Структурная схема на основе передаточных функций полученных ранее.

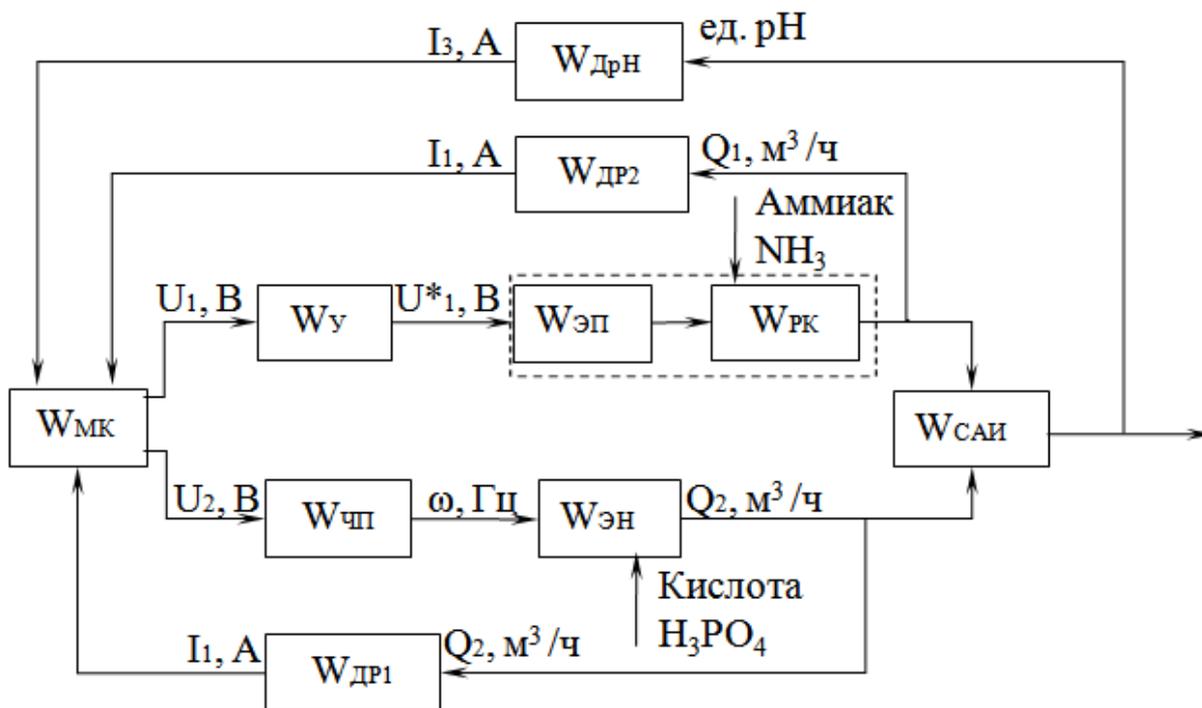


Рисунок 21 – Функциональная схема

Передаточная функция замкнутой и разомкнутой системы имеет вид

$$W_{зам}(p) = \frac{W_{МК}(p)W_{САИ}(p) \cdot \left(\frac{W_y(p)W_{РК}(p)W_{ЭП}(p)}{1 + W_y(p)W_{РК}(p)W_{ЭП}(p)W_{Др2}} + \frac{W_{ЧП}(p)W_{ЭН}(p)}{1 + W_{ЧП}(p)W_{ЭН}(p)W_{Др1}} \right)}{1 + W_{САИ}(p)W_{рН}(p) \cdot \left(\frac{W_y(p)W_{РК}(p)W_{ЭП}(p)}{1 + W_y(p)W_{РК}(p)W_{ЭП}(p)W_{Др2}} + \frac{W_{ЧП}(p)W_{ЭН}(p)}{1 + W_{ЧП}(p)W_{ЭН}(p)W_{Др1}} \right)}$$

$$W_{раз}(pp=W_{рН}(pp)W_{МК}(p)W_{САИ}(p) \cdot \left(\frac{W_y(p)W_{РК}(p)W_{ЭП}(p)}{1 + W_y(p)W_{РК}(p)W_{ЭП}(p)W_{Др2}} + \frac{W_{ЧП}(p)W_{ЭН}(p)}{1 + W_{ЧП}(p)W_{ЭН}(p)W_{Др1}} \right)$$

Определим передаточную функцию замкнутой и разомкнутой системы

$$W_{зам}(p) = \frac{139.72p^3 + 632.04p^2 + 331.57p + 5.35}{2.39p^5 + 29.12p^4 + 118.30p^3 + 173.61p^2 + 71.13p + 1.14}$$

$$W_{раз}(p) = \frac{0.002p^2 + 0.01p + 0.005}{2.39p^5 + 29.12p^4 + 118.30p^3 + 178.61p^2 + 71.12p + 1.14}$$

Так как в данной системе установлен цифровой микропроцессор, который осуществляет вычисление сигнала и посылает управляющие сигналы на устройства системы, то расчет следует провести для дискретной системы. При этом необходимо задать период дискретизации (интервал опроса датчиков) системы.

Чем меньше период дискретизации T_0 , тем более дискретная система приближается по своим свойствам к непрерывной. Однако при слишком малых значениях T_0 процессор в реальной системе может не успевать выполнять все необходимые вычисления. Кроме того, при уменьшении T_0 увеличивается число шагов переходного процесса. В силу сказанного, T_0 не должно быть слишком мало. Выберем период дискретизации равный постоянной времени рН-метра и деленным на 10. $T/10=6$ с (опрос датчиков происходит примерно 6 раз в минуту).

5.2 Проверка устойчивости дискретной системы по частотному критерию

Частотный критерий устойчивости импульсных систем аналогичен критерию устойчивости Найквиста для непрерывных систем, и формулируется следующим образом: если разомкнутая импульсная система устойчива, то замкнутая импульсная система регулирования устойчива, если амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ) разомкнутой системы не охватывает точку $(-1; j0)$.

Проверим предварительно на устойчивость по критерию Ляпунова разомкнутую систему вида

$$W_{раз}(p) = \frac{0.002p^2 + 0.01p + 0.005}{2.39p^5 + 29.12p^4 + 118.30p^3 + 178.61p^2 + 71.12p + 1.14}$$

Для этого найдем корни характеристического уравнения.

$$p_1 = -3,92; p_2 = -0,59.$$

Поскольку все корни отрицательны и являются «левыми», то разомкнутая система устойчива.

Оценим устойчивость системы по критерию Найквиста.

Заменим в передаточной функции разомкнутой системы p на $j\omega$.

$$W_{раз}(j\omega) = \frac{0.002\omega^2 + 0.01j\omega + 0.005}{2.39j\omega^5 + 29.12\omega^4 + 118.30j\omega^3 + 178.61\omega^2 + 71.12j\omega + 1.14}$$

Построим АФЧХ разомкнутой системы предварительно выделив мнимую и действительную части.

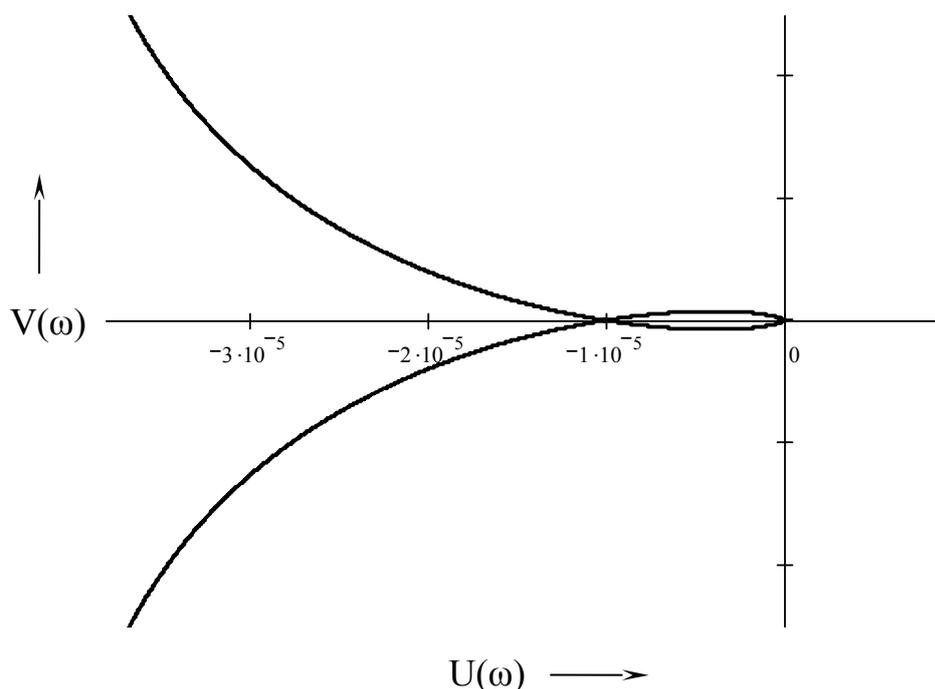


Рисунок 22 - АФЧХ разомкнутой дискретной системы

Так как АФЧХ разомкнутой системы, построенная на рисунке, не охватывает точку $(-1; j0)$, то замкнутая импульсная система регулирования устойчива.

5.3 Построение логарифмических частотных характеристик системы и их анализ

Линейные типовые звенья можно разделить на два типа – непрерывные и дискретные. Частотные характеристики линейных непрерывных типовых звеньев

находятся из передаточных функций после подстановки в них $p = j\omega$ и выделения действительной и мнимой частей

$$W_0(j\omega) = U_0(\omega) + jV_0(\omega), \quad (23)$$

где $U_0(\omega)$ и $V_0(\omega)$ – соответственно действительная и мнимая частотные характеристики.

Пользуясь выражением (23), в декартовой системе координат построим амплитудно-фазовые частотные характеристики $W_0(j\omega)$. Если перейти к полярной системе координат, то выражение (23) можно переписать в виде

$$W_0(j\omega) = H(\omega) e^{j\varphi(\omega)}, \quad (24)$$

где $H(\omega)$ и $\varphi(\omega)$ – соответственно амплитудная и фазовая частотные характеристики.

Формулы для вычисления амплитудной и фазовой частотных характеристик:

$$A(\omega) = \sqrt{U_0^2(\omega) + V_0^2(\omega)} \quad (25)$$

$$\varphi_0(\omega) = \arctg \frac{V_0(\omega)}{U_0(\omega)} \quad (26)$$

Частотные характеристики линейных дискретных типовых звеньев находятся путем приведения к комплексной переменной $j\omega$ которая связана с переменными λ и z следующими соотношениями

$$z = \frac{1 + \omega}{1 - \omega} \quad (27)$$

$$\omega = j \frac{T_0 \lambda}{2} \quad (28)$$

$$\lambda = \frac{2}{T_0} \operatorname{tg} \frac{\omega T_0}{2} \quad (29)$$

Логарифмические частотные характеристики представляют собой амплитудную и фазовую частотные характеристики САР, построенные в полупологарифмическом масштабе.

Логарифмической амплитудной частотной характеристикой (ЛАЧХ) системы называется кривая, соответствующая 20 десятичным логарифмам модуля

частотной характеристики (АЧХ), построенная в десятичном логарифмическом масштабе частот:

$$L(\lambda) = 20 \lg A(\lambda), \quad (29)$$

где $A(\lambda)$ - амплитудно-частотная функция системы.

Тогда для построения ЛАЧХ можно использовать передаточную функцию непрерывной разомкнутой системы. Данное выражение представляет собой произведение коэффициента усиления и передаточных функций элементарных динамических звеньев.

Известно, что псевдочастота практически совпадает с круговой частотой в области, где выполняется условие:

$$T_0 < 2T_{min}, \quad (30)$$

где T_{min} - минимальная постоянная времени элементов разомкнутой системы.

Так как минимальная постоянная времени, соответствующая датчика положения равна 8 с., выбранный период дискретизации - 6, то неравенство выполняется всегда ($6 < 2 \cdot 8$) и во всей области работы системы можно положить $\lambda = \omega$. Логарифмической фазовой частотной характеристикой (ЛФЧХ) системы называется фазовая частотная характеристика, построенная в десятичном логарифмическом масштабе частот.

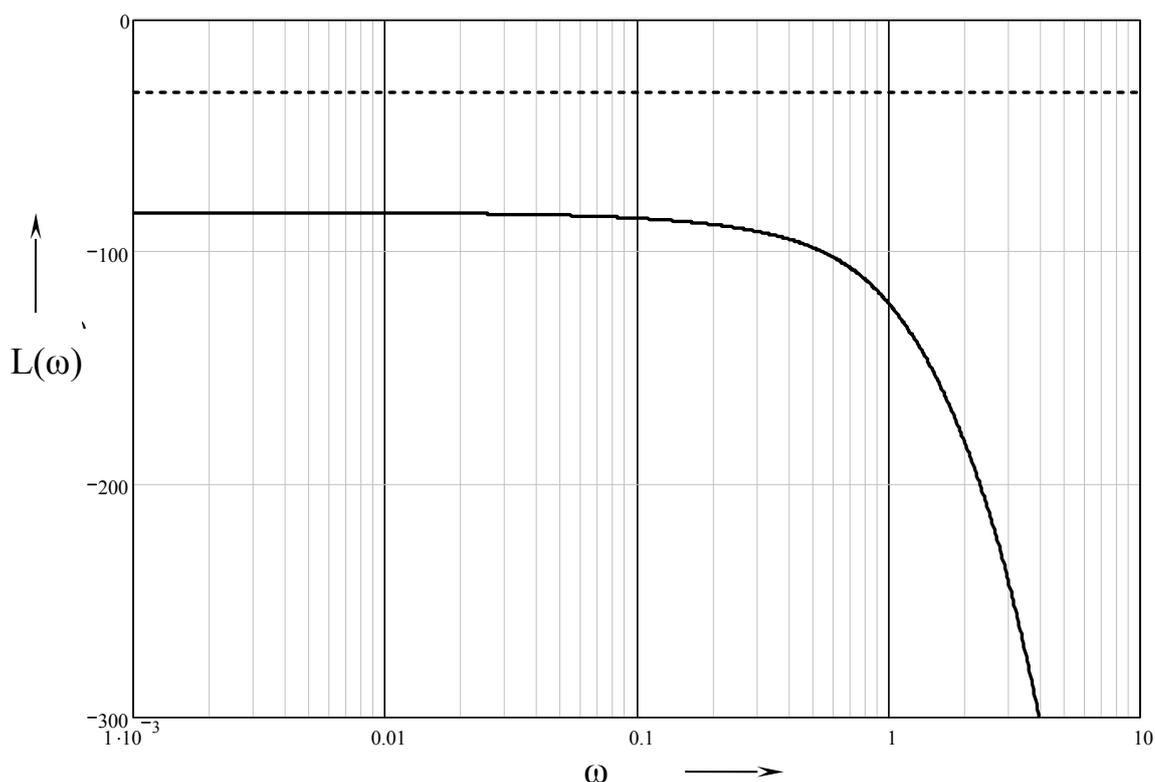


Рисунок 24 - ЛАЧХ разомкнутой системы

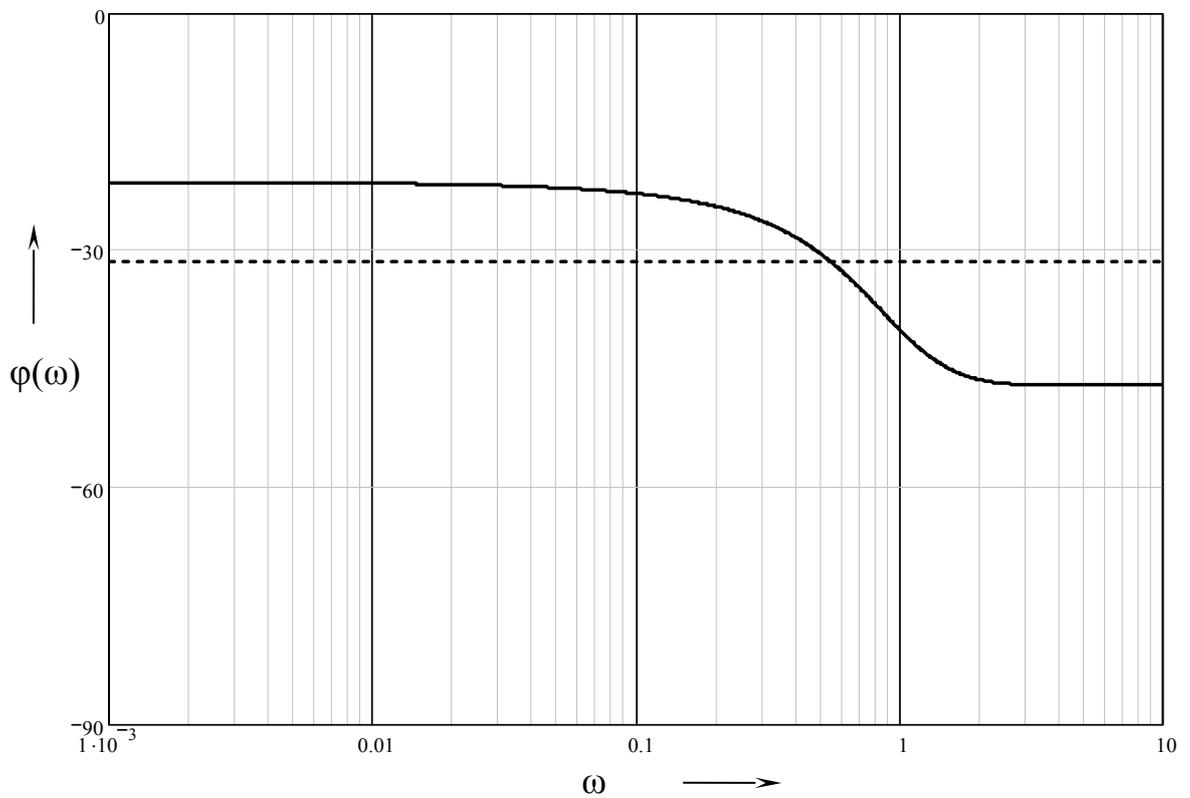
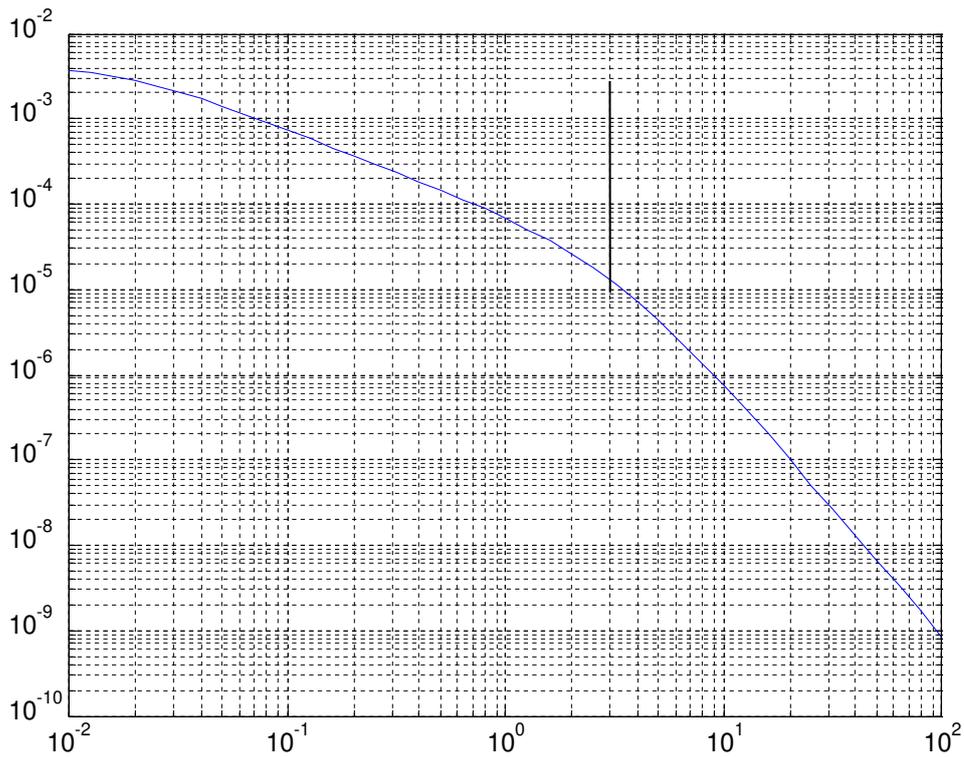


Рисунок 25 - ЛФЧХ разомкнутой системы

По построенным характеристикам определим запасы по фазе и амплитуде.

Запас по амплитуде определяется следующим образом. Находится частота при которой ЛФЧХ первый раз пересекает прямую со значением -180° , в этой частоте проводится вертикальная прямая до пересечения с ЛАЧХ.

Расстояние от этой точки пересечения до оси составляет запас устойчивости по амплитуде в децибелах. В нашем случае запас по амплитуде 50 дб/дек.

Запас устойчивости по фазе определяется следующим образом. Определяется частота при которой ЛАЧХ пересекает ось (0 децибел). При этой частоте проводится вертикальная прямая вниз до пересечения с ЛФЧХ. Расстояние от точки пересечения до прямой -180° составит запас по фазе в градусах. В нашем случае ЛАЧХ пересекает ось 0, следовательно, запас по фазе составляет $20,75^{\circ}$.

Так как время переходного процесса не соответствует требуемому, то системе требуется коррекция.

5.4 Анализ качества системы

5.3.1 Прямые оценки качества. Для наглядного отображения свойств рассматриваемой системы построим переходный процесс, воспользовавшись обратным преобразованием Лапласа от передаточной функции замкнутой системы.

$$h(t) = \frac{W_{\text{зад}}}{p} = 1 + 6,088 \cdot 10^{-9} \exp(-16,67 \cdot t) - 2,336 \cdot 10^{-8} \exp(-5,075 \cdot t) \cdot \cos(10,11 \cdot t) - \quad (31)$$

По графику переходного процесса (рисунок 24) определим прямые показатели качества системы:

а) Время регулирования (время переходного процесса) - время, за которое система приходит к установившемуся значению с некоторой долей погрешности. Обычно она составляет 5% (пятипроцентная трубка). Приблизительно время регулирования составляет 186,3 (с).

$$t_p = 186,3 \text{ с}$$

Время первого согласования $t_l = 325$.

б) Перерегулирование отражает в процентах максимальное отклонение от установившегося значения.

Максимальное значение отсутствует, тогда перерегулирование:

$$\sigma = \frac{h_{MAX} - h_{\text{уст}}}{h_{\text{уст}}} \cdot 100\% = 0\% \quad (32)$$

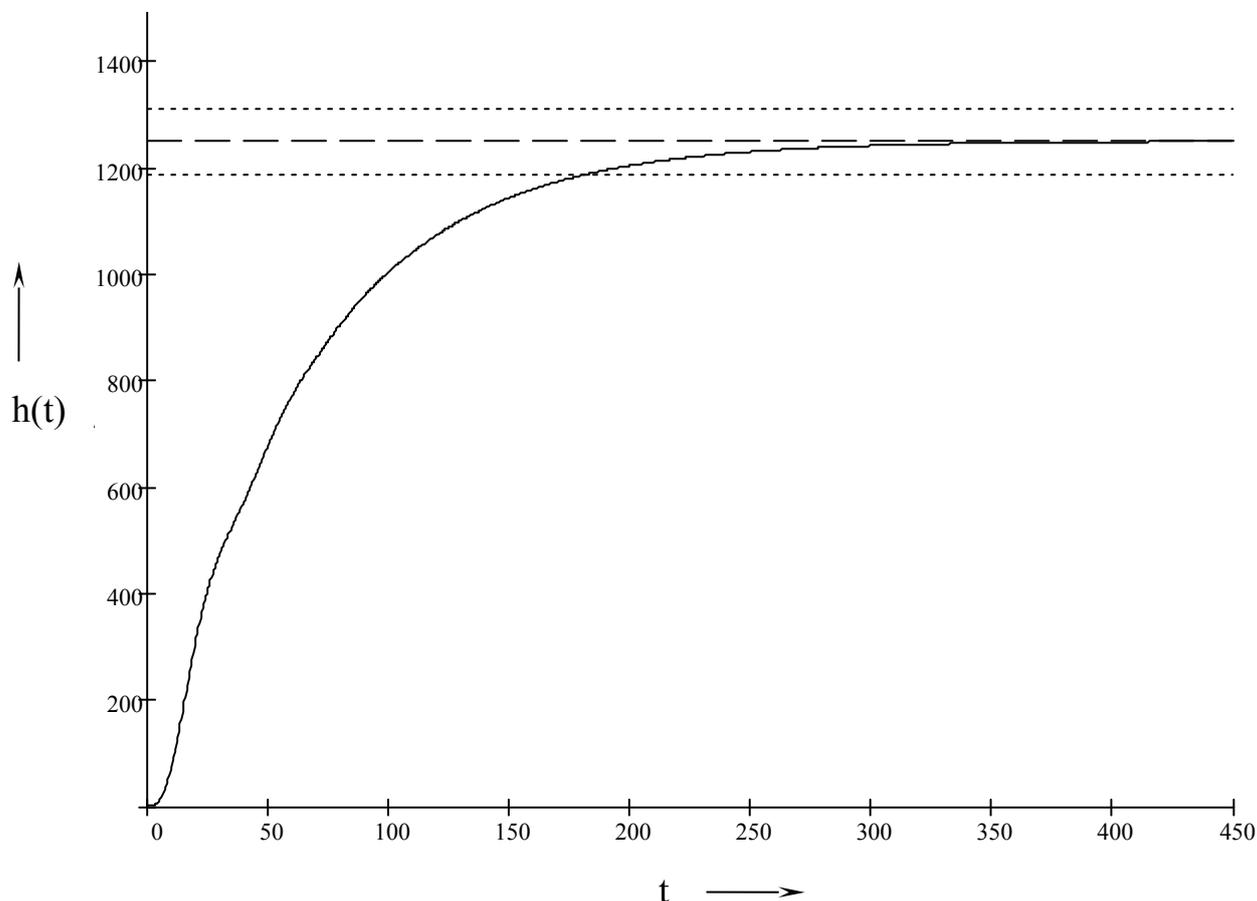


Рисунок 26– Переходный процесс нескорректированной системы

По характеру переходного процесса можно судить об устойчивости системы: характеристика устойчивая монотонно возрастающая.

5.3.2 Косвенные оценки качества. Косвенные оценки качества проводятся по частотным характеристикам. Наиболее часто используется амплитудно-частотная характеристика. (АЧХ) замкнутой системы.

Амплитудно-частотная функция определяется по формуле:

$$A(\lambda) = \sqrt{[\text{Re}(W(\lambda))]^2 + [\text{Im}(W(\lambda))]^2} \quad (33)$$

График АЧХ замкнутой системы приведен на рисунке 25.

Косвенные оценки качества:

- показатель колебательности, определяемый по формуле

$$M = \frac{A_{\max}}{A(0)},$$

где A_{\max} – максимум АЧХ;

$A(0)$ – значение амплитуды при нулевой частоте.

$$A(0) = 0,99 \text{ рад/с}$$

$$A_{\max} = 20,6$$

В данном случае $M=21$ – переходный процесс протекает с колебаниями по апериодическому закону.

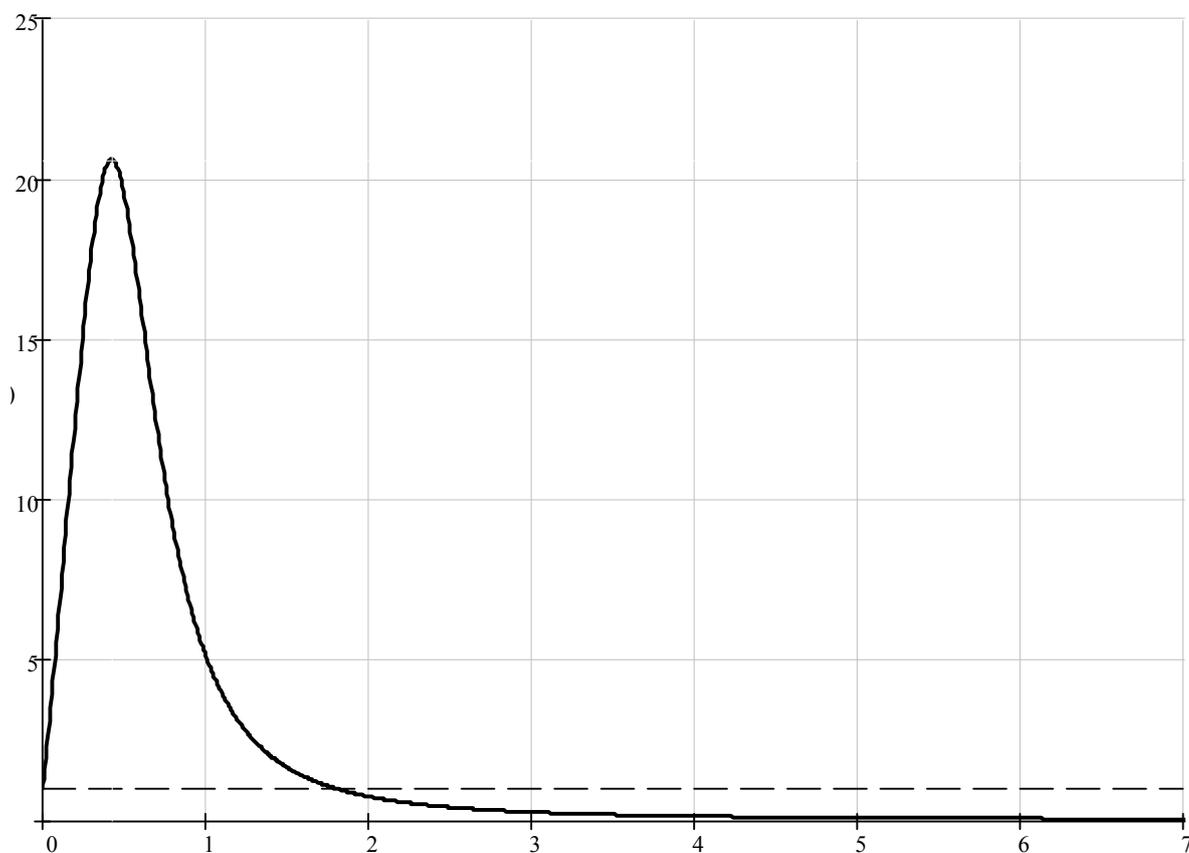


Рисунок 27 – АЧХ системы

- Частота среза – частота, при которой АЧХ достигает значения, равного 1.

Частота среза косвенно характеризует быстродействие системы: чем больше частота среза, тем меньше время регулирования.

$$\lambda_{\text{ср}} = 1,8 \text{ рад/с}$$

- Резонансная частота – частота, в которой амплитудно-частотная функция достигает своего максимального значения:

$$\lambda_k = \frac{\ddot{g}_{\max}}{\dot{g}_{\max}} = 10(c^{-1})$$

Расчет ординаты рабочей точки.

$$A = 20 \lg \frac{\ddot{g}_{\max}}{\dot{g}_{\max} \varepsilon} \quad (34)$$

Вычислим амплитуду контрольной точки:

$$A = 39.3 \text{ дБ/дек}$$

Подставим числовые значения в выражения

$$A_1 = (0.05; 39.3) \quad (35)$$

Таким образом, можно сформулировать требования к низкочастотной части желаемой ЛАЧХ системы: для того что бы входное гармоническое воздействие с ошибкой, не превышающей $\varepsilon_{\text{доп}}$, ЛАЧХ системы должна проходить не ниже контрольной точки $A_k (0,05;39,3)$, то есть строим запретную область. Через данную точку проводим прямую с наклоном $- 20$ дБ/дек с целью формирования запретной зоны, полуплоскость, находящаяся под этой прямой является запретной зоной.

Построение среднечастотной асимптоты ЖЛАЧХ начинают с выбора частоты среза. По номограмме Солодовникова (рисунок 28) и желаемому перерегулированию $\sigma = 30\%$ и времени регулирования ($t_p = 186$ с) определяем частоту среза

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{3,6 \pi}{186} = 0.06 (c^{-1}) \quad (36)$$

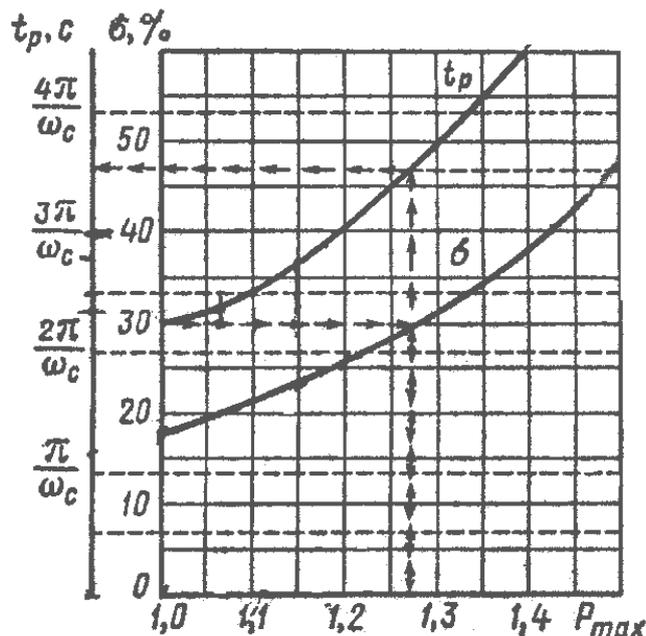


Рисунок 28 – Номограмма Солодовникова
 $M=1.27$

Среднечастотная асимптота ЖЛАЧХ проводится через точку ω_{cp} с наклоном -20 дБ/дек, который обеспечивает необходимый запас по фазе.

Протяженность h среднечастотной асимптоты устанавливается исходя из необходимого запаса устойчивости. Из этих же соображений выбирается ее сопряжение с низкочастотной асимптотой.

Показатель колебательности h характеризует склонность системы к колебаниям. Чем больше M , тем меньше запас устойчивости системы.

$$h = \frac{M+1}{M-1} = \frac{1,27+1}{1,27-1} = 8,4$$

Границы среднечастотной асимптоты

$$A_{cp\min} = 20 \lg\left(\frac{M}{M+1}\right) = -5c^{-1} \quad (37)$$

$$A_{cp\max} = 20 \lg\left(\frac{M}{M-1}\right) = 13,5c^{-1} \quad (38)$$

Используя полученные данные, строим желаемую характеристику, обеспечивающую необходимые показатели качества системы. Через частоту среза проводится среднечастотная асимптота с наклоном -20 дБ/дек, высокочастотная часть системы мало влияет на устойчивость, поэтому ее построим эквидистантно к высокочастотной части ЛАЧХ неизменяемой части системы.

По полученной передаточной функции определяется логарифмическая фазовая характеристика (ЛФЧХ) скорректированной системы.

Рисунок 30 - Желаемая ЛФЧХ

Определение запасов устойчивости производится следующим образом: в точке пересечения графика ЛФЧХ с осью $\pm 180^\circ$ восстанавливается перпендикуляр до пересечения с осью абсцисс. От оси абсцисс до желаемой ЛФЧХ определяется запас устойчивости по амплитуде, в нашем случае он равен 70дБ. Запас по фазе определяется по прямой, проходящей через частоту среза от оси $\pm 180^\circ$ до графика ЛФЧХ. Он равен $\Delta\varphi = 170^\circ$, что удовлетворяет техническому заданию.

Синтез корректирующих звеньев. Коррекция динамических свойств САУ осуществляется для выполнения требований по точности, устойчивости и качеству переходных процессов.

С точки зрения требований к точности коррекция может потребоваться для увеличения порядка астатизма или коэффициента передачи системы при сохранении устойчивости и определенного качества переходного процесса.

Коррекция применяется также как средство обеспечения устойчивости, а так же повышения качества переходного процесса.

Осуществляется коррекция введением в систему корректирующих звеньев с особо подобранной передаточной функцией. Принципиально корректирующие звенья могут включаться либо последовательно с основными звеньями САУ, либо параллельно им, также существуют и комбинированные способы включения. Соответственно, по способу включения в систему корректирующие звенья делятся на последовательные и параллельные.

При включении в систему последовательного КУ передаточная функция разомкнутой скорректированной системы принимает вид

$$W_{\kappa}(p) = W_{i\pm}(p) \cdot W_{\varepsilon}(p)$$

$$W_{\varepsilon}(p) = \frac{W_{\kappa}(p)}{W_{i\pm}(p)},$$

где $W_{\kappa}(p)$ – передаточная функция корректирующего устройства

Подставляя в выражение значения передаточной функции неизменяемой части системы и передаточной функции желаемой характеристики получим:

$$W_k = \frac{10^4 (10\delta + 1)^2}{(0,477\delta + 1)^2}$$

На рисунке 8 представлена схема и логарифмическая характеристика корректирующего устройства.

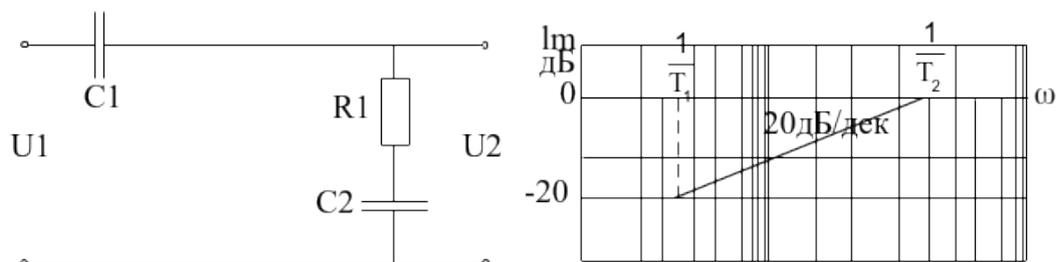


Рисунок 31 – Корректирующее устройство

Передаточная функция выглядит следующим образом

$$W_k(p) = L0 \frac{T1p + 1}{T2p + 1}$$

$$L0 = \frac{1}{1 + \frac{C2}{C1}} = 1$$

$$T1 = R1 \cdot C2 = 1$$

$$T2 = \frac{1}{1 + \frac{C2}{C1}} \cdot T1 = 0,21$$

Зададимся значением: R1=1000 (Ом), тогда

$$C2 = \frac{T1}{R1} = \frac{10}{1000} = 1000 \text{ (}\hat{i}\hat{e}\hat{O}\text{)}$$

$$\tilde{N}1 = \frac{\tilde{N}2}{\frac{T1}{0,21} - 1} = \frac{0,001}{47,62} = 21 \text{ (}\hat{i}\hat{e}\hat{O}\text{)}$$

Так как для коррекции необходим наклон +40 дб/дек, то необходимо последовательное включение данной схемы два раза.

Кроме того, необходимо учесть подъем корректирующей ЛАЧХ вверх на 80 дб, что осуществляется вводом усилителя с коэффициентом усиления 10^4 , который может быть реализован на операционном усилителе. То есть

окончательно схему корректирующего последовательного устройства можно представить в виде (рисунок 32).

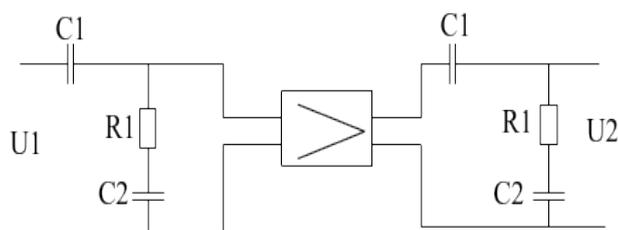


Рисунок 32 – Последовательное корректирующее устройство

Последовательные корректирующие звенья наиболее удобны в электрических САУ, особенно постоянного тока. В этом случае последовательные корректирующие звенья осуществляются в виде пассивных четырехполюсников, передаточные функции которых можно просто и плавно изменять в очень широких пределах, ограниченных лишь достаточно свободными условиями физической реализуемости. К достоинствам последовательной коррекции можно отнести:

- ускорение переходного процесса;
- снижение установившейся ошибки;
- простота включения элементов коррекции;

К недостаткам можно отнести:

- увеличение чувствительности к помехам;
- необходимость согласования сопротивления корректирующих элементов с входным и выходным сопротивлением элементов системы, к которым они подключаются;

- снижение величины основного сигнала – увеличение ошибки.

Анализ устойчивости скорректированной системы. Устойчивость скорректированной системы определим по переходному процессу. Как известно неустойчивые системы имеют расходящийся переходный процесс, устойчивые – затухающий.

Одним из способов построения переходного процесса является представление передаточной функции замкнутой системы в виде функции,

полученной путем обратного преобразования Лапласа.

Передаточная функция замкнутой системы

$$W(p)_c = \frac{W(p)_i}{1 + W(p)_o},$$

где $W(p)_n$ – передаточная функция прямой цепи;

$W(p)_p$ – передаточная функция разомкнутой системы.

С учетом корректора запишется в виде

$$W(p)_c = \frac{W(p)_k W(p)_i}{1 + W(p)_k W(p)_o}$$

где $W(p)_k$ – передаточная функция корректора

Передаточные функции прямой цепи и разомкнутой системы

$$W(p)_n = \frac{0,0056}{(0,02p^2 + 0,203p + 2,56) \cdot (2,1p^2 + 0,07p + 1)p}$$

$$W(p)_p = \frac{0,00028}{(0,02p^2 + 0,203p + 2,56) \cdot (2,1p^2 + 0,07p + 1) \cdot (0,06p + 1)p}$$

Подставляя, имеем

$$W(p)_c = \frac{2,206(3p + 50) \cdot (10p + 1)^2}{1,147 \cdot 10^{-3} \cdot p^8 + 3,561 \cdot 10^{-2} p^7 + 4,767 \cdot 10^{-1} \cdot p^6 + 4,044 \cdot p^5 + 12,12 \cdot p^4 + 13,05 \cdot p^3 + 557,4 \cdot p^2 + 115p + 5,515}$$

Произведем обратное преобразование Лапласа от полученного выражения для единичного ступенчатого воздействия.

Построим график переходного процесса, представленный на рисунке 33.

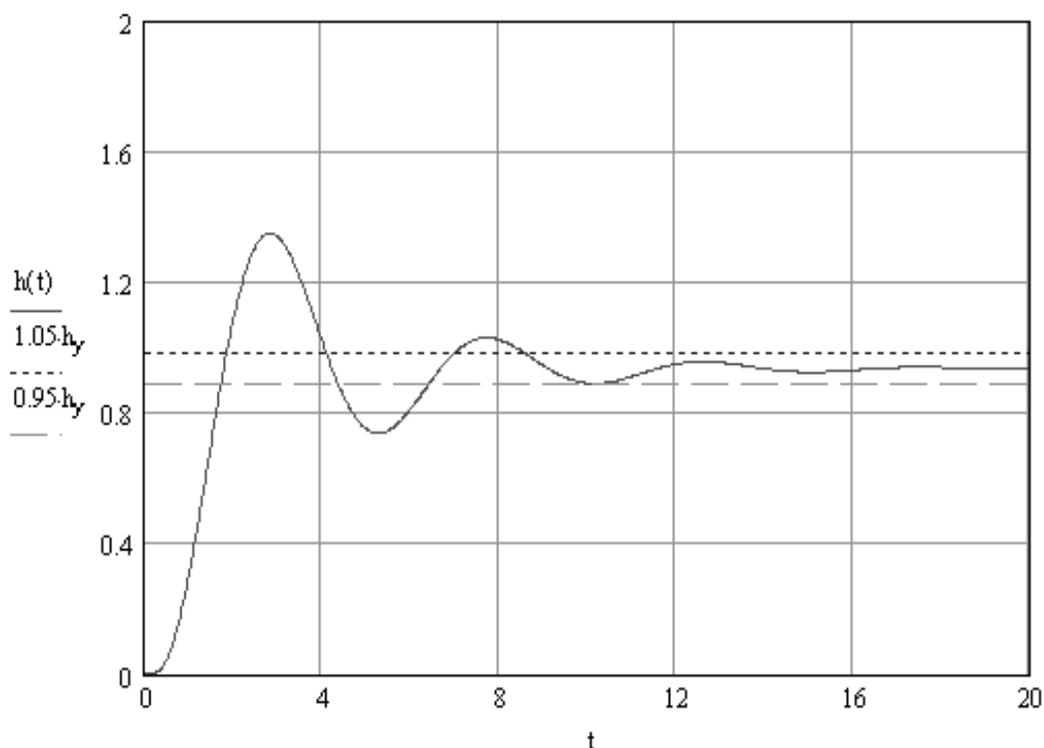


Рисунок 33 - Переходный процесс скорректированной системы

Как видно из графика, время переходного процесса $t_p = 8,61$ с, перерегулирование $\sigma = 36,5$ %.

Разработанная система была синтезирована согласно требованиям технического задания. Был применен способ коррекции, приводящий систему к заданным показателям качества. Оценка показателей устойчивости скорректированной системы показала, что разработанная САУ имеет запас устойчивости по фазе 170° , тогда как удовлетворительным считается запас по фазе не менее $30 \div 60^\circ$. Анализ запаса устойчивости по амплитуде показал, что система имеет запас устойчивости по амплитуде равный 70дБ.

6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТА

В последние годы быстрыми темпами развиваются электронные системы, используемые на автомобиле. Совершенствование таких систем привело к возникновению новой области техники - автомобильной электроники.

Большие возможности вычислительной техники и умение их использовать широкими кругами населения привели к тому, что во многих странах автомобиль без электронных систем стал неконкурентоспособным. Потребителю он кажется архаичным, не соответствующим современному развитию техники. Поэтому требование использования электронных систем можно рассматривать не как преходящую моду, а как следствие научно-технического прогресса.

Согласно последним данным федерального бюро статистики Германии, более 40 процентов автомобильных аварий со смертельным исходом происходят ночью, несмотря на то, что в это время суток загруженность дорог на 80 процентов меньше, чем днем. И это неудивительно. Визуально водитель воспринимает 90 процентов всей необходимой дорожной информации. Научные исследования показали, что этот показатель снижается до 4-процентного уровня в условиях плохой видимости в ночное время суток. САР освещения дороги автомобилем (СОД), которая является целью дипломного проекта, повышает безопасность в условиях плохой видимости, особенно осенью и зимой.

Разработанная в рамках дипломного проекта система автоматизации первой стадии нейтрализации предназначена для использования в химической промышленности.

Согласно последним результатам анализа существующих в настоящее время тенденций развития производства сложных удобрений спрос на комплексные удобрения на основе ЭФК (МАР – аммофос и ДАР – диаммонийфосфат) ежегодно растет на 2,7-3,8 % в год. Согласно экспертным оценкам производство ДАР (во

					УИТС.414328.XXX	Лис
Изд	Лис	№ докум.	Подп.	Да		№9

всем мире) должно увеличиться от 25,5 млн.т в 2003 году до 33,5 млн.т в 2013 году, притом что выпуск аммофоса составит 17,7 млн.т (2013 год) против 13,5 млн.т в 2003 году.

Таким образом, объем производства диаммонийфосфата в мире в последние годы значительно превышает выпуск аммофоса (в отличие от России, где объемы производства аммофоса примерно в два раза превышают объемы диаммонийфосфата), что связано с более сбалансированным соотношением азота и фосфора.

Диаммонийфосфат обладает хорошими физико-механическими свойствами, не слеживается при хранении и пригоден для транспортировки насыпью. Кроме того, являясь менее физиологически кислым удобрением, чем аммофос, ДАФ может быть более пригоден для использования на кислых почвах Нечерноземной зоны.

Следовательно, перспективы увеличения объемов выпуска диаммонийфосфата на ООО «Балаковские минеральные удобрения» базируются на следующих факторах:

- интенсификация производства (увеличение производительности технологических линий);
- возможность перехода от одной марки продукта к другой в соответствии с требованиями рынка.

Установка системы автоматического регулирования величины рН могли повысить конкурентно способность производителей, как на внутреннем рынке, так и на международной арене.

Задача определения технико-экономической эффективности автоматизации является частью общей задачи определения эффективности капиталовложений и новой техники.

Экономическая эффективность должна определяться на всех стадиях

проектирования. При определении реальной экономии от внедрения автоматизации на производстве для сравнения принимается тоже производство до внедрения автоматизации. При этом экономическое обоснование варианта автоматизации должно содержать анализ всех составляющих экономического эффекта от её внедрения. После этого определяются показатели эффективности и делаются окончательные выводы об экономической эффективности сравниваемых вариантов.

Целью технико-экономического обоснования внедрения СА процесса измельчения является количественное и качественное доказательство экономической целесообразности создания или развития системы автоматизации, а также определение организационно-экономических условий ее эффективного функционирования.

Содержание технико-экономического обоснования СА заключается в следующем:

а) доказать целесообразность создания или развития СА на основе анализа треугольного графа развития больших систем: социальная потребность – экономическая целесообразность – технические, математические, информационные и организационные возможности (качественная составляющая оценки эффективности создания или развития СА);

б) на основе расчетов технико-экономических показателей, характеризующих результаты функционирования создаваемой СА, и сравнения их с сопоставимыми показателями варианта, выбранного за базу для сравнения (аналога), дать количественную оценку экономической целесообразности создания или развития СА (количественная составляющая оценки эффективности создания или развития СА);

в) рассчитать и проанализировать по отдельным статьям затраты, необходимые для создания или развития АС; показать распределение затрат по компонентам автоматизированной системы и моментам их осуществления в процессе ее создания и функционирования, определить источники финансирования работ по созданию или развитию АС;

г) сопоставить затраты на создание и функционирование СА с результатами, получаемыми в ней; определить условия и сроки окупаемости затрат; оценить величину прибыли предприятия.

В данной работе рассматривается экономический эффект от внедрения автоматизированной системы управления процессом измельчения, включающей в свой состав 10 рассматриваемых контуров стабилизации технологических параметров.

3.2 Критерии качества комплекса программ

Критерии качества комплекса программ представляют собой измеряемые численные показатели в виде некоторой целевой функции, характеризующие степень выполнения программами своего назначения. В зависимости от этапа в жизненном цикле программы, от задачи использования и целей анализа, от характеристики внешних условий и т. д. доминирующим становится один из нескольких критериев.

Качественные характеристики комплекса программ делятся на основные критерии (показатели) качества и факторы или параметры, влияющие на их значения. Приведенное в таблице 3.1 разделение на критерии и факторы, определяющие качество программ, предназначено для того, чтобы выделить минимальное количество показателей, которые чаще всего целесообразно анализировать как наиболее важные характеристики качества комплекса программ. Для каждого этапа жизненного цикла выделено 3 - 4 доминирующих критерия качества, а также 6 - 7 факторов, от которых они в наибольшей степени зависят. Деление на критерии и факторы является условным и может изменяться в зависимости от целей анализа.

Предельные значения качества определяются экономическими факторами и техническими ограничениями. Реальные значения показателей качества могут поэтапно уточняться в процессе создания и эксплуатации программ. На первом этапе формирования технического задания и спецификаций на комплекс программ

выявляются доминирующие показатели, устанавливается относительная важность каждого из показателей и строится обобщенная функция качества. По мере создания комплекса программ после завершения отладки и проведения испытаний уточняется достигнутое реальное значение каждого из показателей и обобщенной функции качества всего комплекса. Показатели качества могут определяться в процессе эксплуатации, в результате чего обеспечивается долгосрочная перспектива объективного измерения и повышения качества программ. На каждом этапе жизненного цикла можно выделить важнейший доминирующий критерий качества и основные потребляемые ресурсы, которые значительно отличаются от соответствующих показателей на других этапах.

Критерии качества этапа проектирования (см. Таблица 3.1) включают прежде всего сложность создания комплекса программ и проверки его адекватности поставленным целям. Сложность разработки зависит от исходной задачи и используемых алгоритмов, от структуры данных, программных модулей и комплекса программ в целом и т.д. Хотя сложные при проектировании программы чаще всего характеризуются высокой сложностью функционирования, встречаются программы, которые весьма сложны при разработке, однако относительно просто эксплуатируются.

Таблица 3.1 – Критерии качества и определяющие их факторы на основных этапах жизненного цикла АПС

Этапы	Проектирование	Эксплуатация	Сопровождение
Основные критерии качества АПС	1. Сложность создания программы 2. Корректность программы	1. Функциональная сложность АПС 2. Надежность	1. Способность модернизации программ 2. Мобильность программы

	3.Трудо емкость разработки программы	функционирования 3.Эффектив ность использования ресурсов ВС 4.Объем исходных и результатирующих данных	относительно ВС 3.Трудоемк ость изучения и модификации АПС
О сновные фактор ы, определ яющие качеств о	1.Структ урная упорядоченнос ть данных 1.Степе нь стандартизации структуры модулей и переменных 2.Докум ентирован- ность компонент АПС 3.Метод ическая обеспеченность технологии проектировани я	1.Корректн ость постановки задачи 2.Полнота и точность спецификаций 3.Уровень языков программирования 4.Полнота тестирования программ 5.Степень помехозащищенно сти программы 6.Документ ированность для эксплуатации	1.Структур ная упорядоченность АПС и данных 2.Степень стандартизации структуры модулей и переменных 3.Документ ированность для модификации 4.Уровень языка программирования 5.Степень комплексной автоматизации технологии проектирования

	<p>4. Степень комплексной автоматизации технологии проектирования</p> <p>5. Уровень языков</p>		
--	--	--	--

Корректность программ и степень адекватности их функциональных возможностей поставленным целям и техническим заданиям является важнейшим критерием в процессе разработки и испытаний комплексов программ. Для формализации этого критерия используются понятия и формализованные характеристики эталона, которому должна соответствовать программа. Эти характеристики определяются техническим заданием на комплекс программ и спецификациями на его компоненты.

На этапе проектирования основные затраты составляет трудоемкость создания программ заданной сложности и корректности. Трудоемкость зависит от квалификации специалистов, технологии проектирования, степени автоматизации разработки и испытаний и т.д.

Выделенные факторы (см. Таблица 3.1), определяющие качество проектирования программ, можно разделить на группы структурного проектирования (см. Таблица 3.1 п.1-3), технологического обеспечения (см. Таблица 3.1 п.4-6) и организационно-человеческие факторы (см. Таблица 3.1 п.7). Последняя группа факторов, учитывающая количество и квалификацию специалистов, структуру и организационное взаимодействие в коллективе и т.д., наиболее сложна для измерений.

Критерии качества этапа эксплуатации. В процессе эксплуатации комплекса

программ важнейшим критерием качества является его функциональная сложность, разнообразие и полнота решения целевых задач. Сложность программ в процессе эксплуатации проявляется в разнообразии и диапазоне изменения различных результатов на выходе программ с учетом разнообразия входных данных.

Для многих комплексов программ важнейшим эксплуатационным критерием качества является надежность (безотказность) функционирования. Этот показатель характеризует относительную длительность получения корректных (достоверных) результатов или вероятность правильных (не искаженных) выходных данных.

Основные затраты при эксплуатации комплексов программ состоят в использовании ресурсов памяти и производительности вычислительных систем, на которых реализуются программы. С этой стороны качество программ характеризуется степенью или эффективностью использования ресурсов ВС.

Качество комплексов программ по внешним связям и взаимодействию с абонентами можно характеризовать объемом исходных и результирующих данных. Состав, сложность структуры и количества данных, которыми обменивается комплекс программ с внешней средой, в некоторой степени характеризуют его функциональную сложность, однако их целесообразнее рассматривать как самостоятельный критерий качества.

Критерии качества этапа сопровождения близки по содержанию к критериям этапа проектирования. Однако имеются значительные особенности, влияющие на качество программ с позиции их развития и модификации. Способность к модернизации комплексов программ определяется четкостью их структурного построения и структурой межмодульных связей. Кроме того, на этот критерий влияет метод распределения ресурсов ВС и наличия резервов для развития программ.

Мобильность комплексов программ относительно изменения типа, структуры и системы команд вычислительной машины характеризует возможность сохранения и эффективного использования эксплуатируемых программ в процессе

развития аппаратуры ЭВМ. Трудоемкость переноса программ с одних технических средств на другие зависит от специфических различий этих средств (емкость памяти, структура команд и т.д.), а также от структуры комплекса программ, степени стандартизации языка программирования и автоматизации технологии проектирования и т.д.

Трудоемкость изучения и модификации программ при сопровождении определяется степенью документированности комплекса программ и его структурным построением, уровнем языка программирования и некоторыми другими факторами. Этот критерий в значительной степени влияет на длительность жизненного цикла комплекса программ.

Заключая обзор основных критериев качества комплексов программ и влияющих на них факторов, следует выделить особо временные показатели жизненного цикла программ: длительность проектирования, продолжительность эксплуатации очередной версии и длительность проведения каждой модификации. В ряде случаев продолжительность проведения этих работ может быть более важным критерием, чем трудоемкость.

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 Охрана труда

Охрана труда представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Любая деятельность потенциально опасна, поэтому необходимо обеспечить безопасность производственного оборудования, условия труда. В данном разделе дипломного проекта рассмотрены обоснование и выбор принципов, методов и средств защиты или уменьшения воздействия их на работника.

Внедрение проектируемой системы управления технологическим процессом нейтрализации позволяет автоматизировать процесс получения пульпы фосфорной кислоты с заданным уровнем рН и тем самым повысить безопасность на предприятии и снизить вероятность аварий, либо несчастных случаев.

Потенциальные опасности, связанные с технологическим процессом создают:

- наличие фосфорной кислоты и аммиака;
- наличие высокой температуры и испарений на реакторе;
- наличие шумов.

Опасность существует непрерывно во время работы технологической линии. Последствия возможного воздействия этой опасности на обслуживающий персонал – механические травмы, при получении которых возможна частичная или полная утрата трудоспособности, смертельный исход.

Все рабочие и инженерно-технические работники предприятий должны выполнять определенную конкретную работу по созданию на производстве здоровых и безопасных условий труда. Объем этой работы определяется должностной инструкцией и инструкцией по технике безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии для каждого рабочего места. Основные обязанности по обеспечению техники безопасности на производстве возлагаются на начальников смен, механиков и других инженерно-технических работников. Эти

работники проводят своевременный ремонт оборудования; организуют обучение персонала; обеспечивают трудящихся необходимыми индивидуальными средствами защиты (противогазы).

Согласно «Типовые отраслевые нормы» (ТОН) т 4, п.1305; т.4 п.3871 - Для исключения непосредственного контакта с кислотой, пульпой обслуживающий и ремонтный персонал должен пользоваться спецодеждой из кислотостойких материалов (суконный костюм, кислото-защитный костюм из прорезиненной ткани), защитными очками или щитками, резиновыми перчатками и резиновыми сапогами. Для защиты головы от травм используются защитные каски.

7.2 Промышленная безопасность

7.2.1 Микроклимат производственной среды. Узел нейтрализации расположен на открытой площадке вне помещения; пульт оператора расположен в сухом помещении. Допустимые нормы температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в теплый период года составляет 23-25⁰ С при влажности 40-60% и скорости воздуха не более 0,1 м/с, в холодный и переходный периоды года понижение температуры должно быть не ниже 15⁰С.

Воздействия вредных факторов на работающих заключается в попадании «острого пара» на кожу, получение травм от воздействия кислоты, отравление аммиаком, получение термических ожогов от прикосновения к горячим поверхностям.

Основными вредностями являются постоянное просачивание аммиака из аппарата ввиду высокого давления. Во всех отделениях имеются неблагоприятные метеорологические условия из-за выделения больших избытков тепла. Кроме того, пары образуются при химической реакции кислоты с аммиаком.

В отделениях рабочие должны быть снабжены фильтрующими противогазами марки КД, БКФ, М, ВВ2,КК2, КД2 на коробках противогазов должны быть дополнительные гопкалитовые патроны.

Основными мерами предупреждения газовыделений является применение соединений, вентилях, задвижек, прокладок из металла и прокладок из мягких материалов. Для обеспечения более комфортных условий труда и уменьшения влияния вредных факторов установлена кабина оператора производственной линии (аппаратчика) в цеху, в которую сведены все приборы контроля и управления.

Из условия, что до 80% рабочего времени аппаратчик будет находиться в специально оборудованном помещении, основная работа производится сидя и не требует физического напряжения (расход энергии составляет до 120 ккал/ч), то данный тип работ относится к категории работ легкая-1а.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88-«Микроклимат» оптимальная температура производственного помещения являются 22-24⁰С – в холодный и переходный периоды года и 23-25⁰С – в теплый период года. Влажность воздуха при этом должна составлять 58%. Согласно СНиП2.09.04-87 - Предельно допустимая концентрация NH₃ в воздухе рабочей зоны – 20 мг/м³.

Допустимыми параметрами температуры являются 18⁰С, влажность воздуха при этом должна составлять 39%. Скорость движения воздуха – не более 0,1 м/с.

Соблюдаемый в помещении тепловой режим соответствует оптимальным нормам, задаваемым ГОСТ 12.1.005-88-«Микроклимат», как для холодного, так и для теплого времени года.

7.2.3 Освещенность. Необходимое условие хорошей работы – освещение. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность. Нормирование естественного и искусственного освещения осуществляется СНиП 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы.

Рабочее освещение цеха – искусственное и естественное, аварийное – искусственное. Искусственное освещение в обоих случаях общее, обеспеченное светильниками, размещенными в верхней части цеха равномерно.

В кабине операторов рабочее освещение обеспечивается люминесцентными лампами, расположенными в верхней части кабины, разряд зрительной работы – IV, норма освещенности равна 300 лк. При люминесценции электрическая энергия

превращается в световое излучение, минуя стадию перехода в тепловое излучение.

Разряд зрительной работы непосредственно в цехе на участке узла нейтрализации – VIII, к которому относят рассматривание предметов более 5 мм. Норма освещенности равна 200лк, а коэффициент естественного освещения–1.8.

Наименьшая освещенность – освещенность при аварийных режимах составляет 5% от нормируемой освещенности, но не менее 2 лк.

Произведем расчет искусственного освещения кабины оператора.

Расчет системы освещения производится методом коэффициента использования светового потока, который выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп.

Размещение светильников определяется следующими размерами:

- $H = 3$ (м) – высота помещения;
- $h_c = 0,25$ (м) – расстояние светильников от перекрытия;
- $h_n = H - h_c = 3 - 0,25 = 2,75$ (м) – высота светильников над полом;
- h_p – высота расчетной поверхности равна 0,7 (м);
- $h = h_n - h_p = 2,75 - 0,7 = 2,05$ (м) – расчетная высота.

Площадь помещения

$$S = L_d \cdot L_{ш} = 18(\text{м}^2)$$

где $L_d = 4,5$ м – длина помещения;

$L_{ш} = 4$ м – ширина помещения.

Для помещения выбираются светильник типа ЛДР (2x40Вт). Длина 1,24 (м), ширина 0,27 (м), высота 0,10(м). Световой поток одной лампы $F_1 = 3000$ Лм

$$l = 0,3 - 0,5 L,$$

$$l_a = 0,5L_a, l_b = 0,3 L_b,$$

$$l_a = 0,88\text{м}, l_b = 0,73$$
 (м)

Светильники с люминесцентными лампами в помещениях для работы рекомендуют устанавливать рядами. Потребный поток ламп в каждом светильнике:

$$F_{\text{общ}} = (E_H \cdot S \cdot k \cdot z) / \eta$$

где E – заданная нормируемая освещенность 300 (лк);

k – коэффициент запаса равен 1,3;

S – освещаемая площадь равная 30 (m^2);

z – характеризует неравномерное освещение равным 1.5;

η – коэффициент использования светового потока.

Для его нахождения η выбирают индекс помещения I

$$i = \frac{L_d \cdot L_{ш}}{H_p \cdot (L_d + L_{ш})} = \frac{4,5 \cdot 4}{2,05 \cdot (4,5 + 4)} = 1,03$$

$\rho_{пот}$ (потолка) = 70%, $\rho_{ст}$ (стены) = 50%, ρ_p (пола) = 30%.

Тогда $\eta = 30\%$. Общий световой поток $F_{общ} = 21450$

Первоначально намечается число рядов n , которое представляется вместо N .

$$N = F_{общ} / F_l = 21450 / 2 \cdot 3000 \approx 4$$

где F_l – поток ламп в каждом светильнике;

N – число светильников, намечаемое до расчета.

Предлагается установить два светильника в ряд. Светильники вмещаются в ряд, так как длина ряда около 4 м. Применяем светильники с лампами 2 х40Вт с общим потоком 5700лм (рисунок 32).

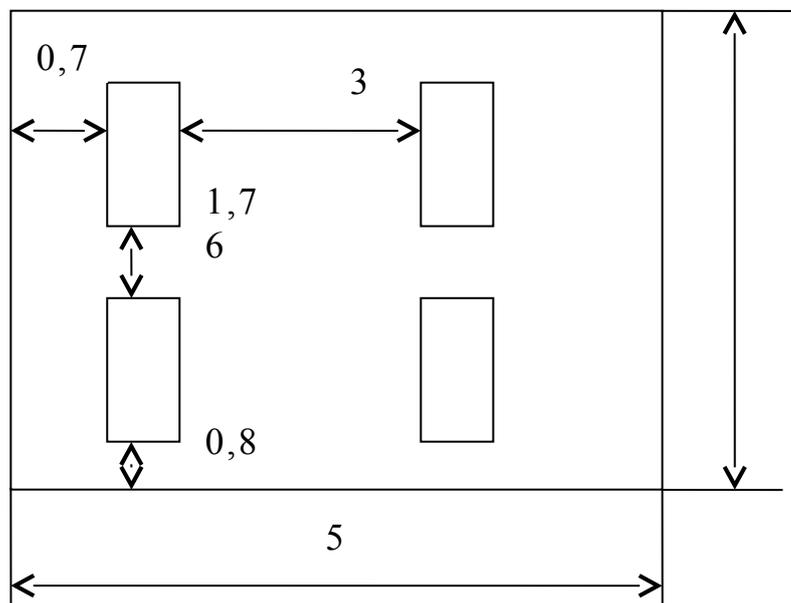


Рисунок - Схема расположения светильников

Расчет местного светового потока не производится, так как в данном случае рекомендуется система общего освещения во избежание отраженной бликов от поверхности стола и экрана монитора.

7.2.4 Шум. "Гигиенические требования к организации технологических

процессов производственному оборудованию и рабочему инструменту" СНИП-11-12-77. Шум является одним из наиболее распространенных факторов внешней среды, неблагоприятно воздействующих на организм человека. Шум определяют как совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. Интенсивный шум на производстве оказывает на человека вредное физиологическое воздействие, которое заключается в притуплении слуха, нарушении ритма сердечной деятельности, замедлении психологических реакций, ослаблении памяти и внимания, увеличении числа ошибок при выполнении работы.

Причиной шума на производстве является соударение металлических частей машин и колебания газа при движении его по трубопроводам.

Из мероприятий общего характера наиболее важными являются автоматизация и механизация производственных процессов, а также дистанционное управление ими, благодаря чему рабочий может следить за работой машин и механизмов, находясь вне сферы действия вредностей (шума и вибраций). В качестве индивидуальных средств защиты от шума рекомендуется использовать специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции звука.

Для защиты от шума согласно СНИП-11-12-77 предусмотрены следующие строительно-акустические меры: звукопоглощающие конструкции и экраны, звукоизоляция ограждающих конструкций.

7.1.5 Вибрации. При работе двигателей насосов и другого оборудования возникают вибрации (сотрясения), вредно действующие на организм работающих непосредственным путём или косвенным. Непосредственное действие вибраций - работе с различными видами пневматического инструмента. Косвенное воздействие вибраций - сотрясением пола вследствие динамического действия машин, двигателей и другого оборудования.

При оценке влияния вибраций на организм наиболее важными показателями являются частота и амплитуда колебаний. Длительное воздействие вибраций может вызвать профессиональное заболевание, сопровождающееся расстройством нервной системы, опорно-двигательного аппарата, повышением кровяного давления.

Возникновение вибраций предупреждается балансировкой вращающихся частей механизмов, установкой машин, вызывающих вибрации, на специальные фундаменты. Для виброизоляции применяют прокладки из резины, войлока, пробки, дерева, а также пружины.

Для производственных вибраций рабочего места санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.566-96 устанавливаются предельно допустимые амплитуды, скорости и ускорения колебательных движений.

7.2.6 Эргономичная организация рабочего места в кабинете оператора. Даже самое эргономичное оборудование в мире не поможет избежать заболеваний связанных с работой на компьютере, если использовать его неправильно. К настоящему времени утверждены стандарты на уменьшение информационной нагрузки человека при работе на ЭВМ - СанПиН 2.2.2-2.4.1340 - 03.

Немаловажную роль в работе с программой и утомляемости является выбранное сочетание цветов фона и знаков. Данные приведены в таблице.

Таблица – Сочетание цветов фона и знаков

Сочетание цветов экрана и знаков	Оценка %				
	Состояние зрительного анализатора			Общее самочувствие	
	глаза не устали	глаза устали		немного устали	не устали
		средне	немного		
Черный фон и белые знаки	57	14	29	-	100
Белый фон и черные знаки	100	-	-	-	100

Зрительные нагрузки связаны с воздействием на зрение дисплея. Чтобы условия труда оператора были благоприятными, дисплей соответствует требованиям:

- экран имеет антибликовое покрытие. Оптимальное подавление отражения может быть достигнуто при вертикальном или слегка наклонном расположении дисплея. Самая верхняя используемая строка на экране не должна располагаться выше горизонтальной линии взгляда;

- цвет знаков и фона согласованы между собой (наиболее благоприятно представление черных знаков на светлом фоне);

- для многоцветного отображения используется одновременно максимум 6 цветов, так как вероятность ошибки тем меньше, чем меньше цветов используется и чем больше разница между ними.

Нормативные параметры для мониторов приведены в таблице в соответствии с СанПиН 2.2.2-2.4.1340 – 03.

Таблица – Визуальные эргономические параметры дисплеев

Наименование параметра	Предельное значение параметра	
	минимальное	максимальное
Яркость знака (кд/м ²)	35	120
Внешнее освещение (лк)	100	250
Угловой размер знака (угл/мин)	16	60

Угловой размер знака – угол между линиями, соединяющими крайние точки предмета различения по высоте и глаз наблюдателя:

$$\alpha = 2 \arctg \left(\frac{h}{2l} \right),$$

где h – высота экрана, 300 мм;

l – расстояние от знака до глаза наблюдателя, 500 мм;

Данное значение $\alpha = 37^\circ$ соответствует норме, приведенной в таблице.

Контраст объекта с фоном k – степень различия объекта и фона – характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (знака) и фона:

$$k = (L_o - L_\phi) / L_\phi,$$

где L_ϕ – яркость фона;

L_o – яркость объекта;

$$k = (100 - 50) / 100 = 0,5.$$

Контраст считается большим, если $k > 0,5$, средним при $k = 0,2 \dots 0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости) и малым при $k < 0,2$.

Положение за компьютером представлено на рисунке.

7.1.6 Электробезопасность. Электробезопасность – система

организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества (ГОСТ 12.1.009-76)-«Электробезопасность».

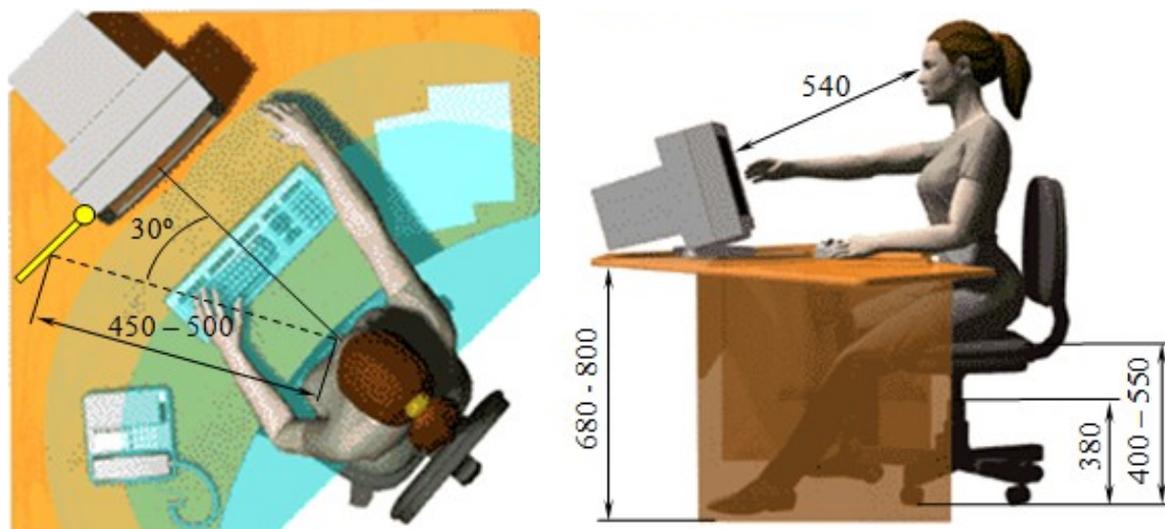


Рисунок - Эргономичная организация рабочего места в кабинете оператора

Разрабатываемая автоматическая система управления предназначена для управления рН пульпы. Данное производство относится к химической промышленности, в его процессе образуются химически активные вещества. Для обеспечения электробезопасности на предприятиях химической промышленности используют трехфазную четырехпроводную схему с заземленной нейтралью.

Для данной схемы питания электроустановок существуют следующие способы защиты от поражения электрическим током:

- защитное зануление – соединение всех металлических корпусов и конструкций с заземленной нейтралью трансформатора через нулевой провод или специальный защитный проводник. Благодаря этому всякое замыкание на корпус превращается в короткое замыкание и аварийный участок отключается предохранителем или автоматом; в случае касания человеком зануленного корпуса в момент замыкания фазного провода, предусмотрено защитное отключение.

Допустимое время срабатывания защиты должно быть не более 1 мА. Ток, проходящий через тело человека, рассчитывается по формуле

$$I_H = \frac{U_{\phi}}{R_H + (R_{U3}/3) \cdot (R_h + R_e / R_n)}$$

где R_e – вспомогательное сопротивление;

R_{U3}, R_h – сопротивление изоляции и человека.

Так как $R_e \ll R_{U3}, R_h$ то

$$I_h = \frac{3 \cdot U_{\phi}}{R_h \cdot R_{U3}} \cdot R = \frac{3 \cdot 380}{100 \cdot 4500} 100 = 0.1 (A)$$

Время срабатывания реле, входящего в состав схемы защитного отключения – 0,1 секунда, поэтому

$$I_{без} = 50 / 0.1 = 0.5 A$$

То есть, при срабатывании защитного отключения, ток до 0,5А для человека безопасен. Человек начинает ощущать воздействие тока 0,5 – 1,5 мА при переменном токе с частотой 50Гц и 5,0 – 7,0мА при постоянном токе.

Таблица - Предельно допустимые уровни тока

Длительность воздействия, с	0,08	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1
Переменный 50Гц	650	250	125	85	65	55	50	6

Для защиты от поражения электрическим током предусмотрено:

- наличие заземления приборов с сопротивлением не более 4 Ом;
- применена скрытая электропроводка в защищающих от механических повреждений трубах;
- маркированные разъемы и розетки;
- предусмотрен аварийный рубильник выключения всего электропитания.

7.1.7 Пожарная безопасность. Согласно ПУЭ-85 помещения по пожаро- и взрывоопасности подразделяются на пожароопасные и взрывоопасные. Так как при эксплуатации установки используется газообразный аммиак. Смесь аммиака с воздухом взрывоопасна при содержании в ней от 15 до 28 объемных долей аммиака. Таким образом узел нейтрализации относится к взрывоопасным (класс В–Іг). Участок в соответствии с ПУЭ-85, по группе взрывоопасных смесей относится к классу ІА–Т1.

Пожар может возникнуть как вследствие причин электрического, так и не

электрического характера. К причинам электрического характера относятся короткое замыкание, перегрузка, статическое электричество. К причинам не электрического характера можно отнести самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Пожарная профилактика представляет собой единый комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предупреждение и локализацию пожаров и взрывов. К этим мероприятиям относятся:

- меры пожарной безопасности, предусматриваемые при проектировании и строительстве предприятия;
- меры пожарной безопасности, принимаемые при проведении технологического процесса, в период эксплуатации предприятия.

При разработке методов предупреждения и ликвидации пожаров и взрывов используют общие теоретические положения о горении и взрывах. Исследованиями установлено, что наиболее частые причины загораний, пожаров и взрывов на предприятиях химической промышленности обусловлены нарушениями правил пожарной безопасности, неудовлетворительной постановкой инструктажа работающих, плохой дисциплиной.

Необходимо предусматривать также ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожаров или способствующих тушению. К числу таких мер, например, относятся: устройство дымовых люков для удаления и ограничения распространения дыма, образующегося при пожаре, устройство специальных лестниц, обеспечение подъездов к зданиям, сооружениям и водоисточникам. В помещениях, где находятся ПЭВМ, применяются главным образом углекислотные огнетушители, достоинством которых является высокая эффективность тушения пожара.

В результате исследований нам подходят I, II и III степень огнестойкости в одноэтажных зданиях класса CO.

Для обнаружения начальной стадии загорания и оповещения службы пожарной охраны используют системы автоматической пожарной сигнализации. Кроме того, они могут самостоятельно приводить в действие

установки пожаротушения, когда пожар еще не достиг больших размеров.

7.3 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, характеризующаяся резким нарушением установившегося процесса или явления и оказывающая значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность людей и природную среду.

Классификация чрезвычайных ситуаций:

- природного характера (землетрясения, наводнения, извержения вулканов, оползни, сели, ураганы, смерчи, природные пожары и так далее);
- техногенного характера (пожары, взрывы, аварии на химически опасных объектах, выбросы радиоактивных и сильнодействующих веществ, гидродинамические аварии, аварии на системах жизнеобеспечения, внезапные обрушения зданий и сооружений);
- экологического характера (загрязнение атмосферы, разрушение озонового слоя земли, опустынивание земель, засоление почв и другое).

Наиболее характерными последствиями аварий являются взрывы, пожары, обрушение зданий, заражение местности сильнодействующими ядовитыми или радиоактивными веществами.

В случае возникновения войны с применением ядерного оружия возникают следующие поражающие факторы:

- ударная волна;
- световое излучение;
- электромагнитный импульс.

При возникновении чрезвычайных ситуаций, аварий на радиоактивно опасных и химически вредных предприятиях, а также при применении средств массового поражения любой объект промышленности может оказаться в сфере воздействия поражающих факторов. Очевидно, что степень разрушения объектов будет различная и она зависит от места расположения в очаге поражения и

подготовленности объекта к защите от воздействия поражающих факторов. Объекты, на которых приняты меры по повышению устойчивости их работы, будут иметь меньшие повреждения, а, следовательно, и сроки ввода их в действие после ликвидации чрезвычайных ситуаций будут более короткими.

Основными принципами защиты населения при ЧС являются:

– заблаговременная подготовка и осуществление защитных мероприятий на всей территории страны. Этот принцип предполагает, прежде всего, накопление средств защиты человека от опасных и вредных факторов и поддержании их в готовности для использования, а также подготовку и проведение мероприятий по эвакуации населения от опасных зон (зон риска);

– дифференцированный подход к определению характера, объема и сроков проведения этих мероприятий. Дифференцированный подход выражается в том, что характер и объем защитных мероприятий устанавливается в зависимости от вида источников опасных и вредных факторов, а также от местных условий;

– комплексность проведения защитных мероприятий для создания безопасных и здоровых условий во всех сферах деятельности человека в любых условиях обстановки.

Оценка устойчивости работы выполнена при помощи моделирования уязвимости системы к воздействию поражающих факторов ядерного взрыва.

7.3.1 Ударная волна. Область резкого сжатия среды, которая в виде сферического слоя распространяется во все стороны от места взрыва со сверхзвуковой скоростью называется ударной волной. Ударная волна в воздухе образуется за счет колоссальной энергии, выделяемой в зоне реакции, где исключительно высокая температура, а давление достигает миллиардов атмосфер. С увеличением расстояния от места взрыва скорость распространения волны быстро падает, а ударная волна ослабевает.

При непосредственном воздействии ударной волны причиной разрушения объектов является избыточное давление ΔP_{ϕ} . Значение избыточного давления зависит от мощности, вида взрыва и расстояния. Величиной, характеризующей воздействие ударной волны на мелкогабаритные объекты, принято считать

величину скоростного напора ударной волны. В качестве количественного показателя устойчивости системы к воздействию ударной волны принимается значение избыточного давления, при котором устройство сохраняет или получает разрушения.

7.3.2 Световое излучение. Световое излучение – это совокупность видимого света и близких к нему по спектру ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Источник светового излучения - светящаяся область взрыва. Температура светящейся области в течение некоторого времени сравнима с температурой поверхности солнца (8000–10000 °С и минимум 1800 °С). Размеры светящейся области и ее температура быстро изменяются во времени. Поражающее действие светового излучения характеризуется световым импульсом.

В результате воздействия светового излучения на прибор может произойти воспламенение реагентов. В целях безопасности от воздействия светового излучения, он расположен в системе таким образом, что прямое воздействие светового излучения невозможно.

6.3.3 Проникающая радиация. Проникающая радиация – это один из факторов, представляющих собой гамма-излучение и поток нейтронов.

Критерием устойчивости работы проточной части при воздействии проникающей радиации и радиоактивного заражения является максимальная экспозиционная доза гамма-излучения D_γ , при которой, начинаются изменения параметров элементов, но работа еще не нарушается.

Действие проникающей радиации зависит от вида излучений. Поток нейтронов проникающей радиации оказывает воздействие на радиоэлектронные устройства при удалении устройства от очага поражения на величину, не превышающую 3 км. На таком расстоянии выход аппаратуры из строя будет вызван действием ударной волны. Таким образом, из всех составляющих радиоактивного излучения наибольшую опасность представляет гамма-излучение.

7.3.4 Электромагнитный импульс. Электромагнитный импульс способен вызвать мощные импульсы токов и напряжений в проводах, привести к сгоранию чувствительных элементов, к серьезным нарушениям в измерительных

приборах. Для оборудования, установленной в узле, основную опасность представляет импульс, прошедший по цепи питания. Для защиты от воздействия электромагнитных полей используются экранирующие устройства (перегородки, камеры), выполненные из листового металла (стали, дюралюминия) толщиной 1,0 – 1,5 мм. Эти устройства заземлены.

7.4 Оценка опасности химического заражения местности

Одной из характерных особенностей современной промышленности является широкое использование в производстве вредных веществ, которых представляет опасность. Но только небольшая часть химических веществ может вызвать массовое поражение людей при аварийных выбросах в окружающую природную среду. Такие вещества называют сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ).

СДЯВ – это химические вещества, которые при выливе или выбросе могут приводить к заражению воздуха и вызывать массовые поражения людей, животных и растений. Предприятия, использующие в производственных процессах СДЯВ, опасны для населения, проживающего рядом с ним.

Используемый в производстве аммиак относится к 5 группе химически опасных веществ - вещества, обладающие удушающим и нейротропным действием.

Аммиак – бесцветный газ с острым запахом, хорошо растворим в воде, токсичное вещество. Смесь аммиака с воздухом взрывоопасна при содержании в ней от 15 до 28 объемных долей аммиака. Газообразный аммиак вызывает острое раздражение слизистых оболочек, слезотечение, удушье. Предельно допустимая концентрация NH_3 в воздухе рабочей зоны – 20 мг/м³.

Для разработки инженерно-технических мероприятий по предупреждению ЧС при аварии на химических объектах проведем оценку химической обстановки согласно РД 52.04.253-90.

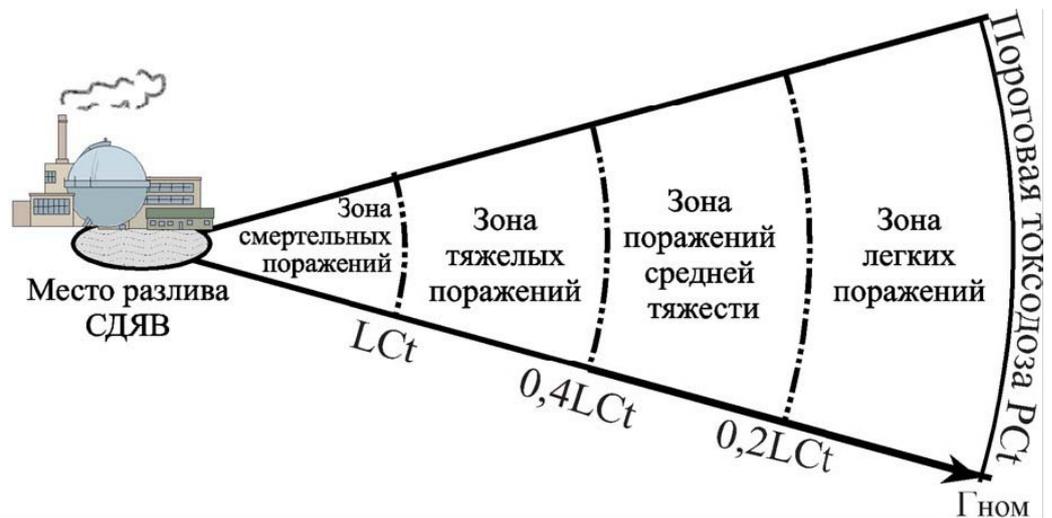


Рисунок - Зона химического заражения

Определим глубину $L_{хим}$ и ширину $B_{хим}$ зоны химического заражения на объектах с АХОВ, км

$$L_{хим} = L_v \cdot k_{зр} \cdot k_в$$

$$B_{хим} = k_b \cdot L_{хим},$$

где L_v – глубина распространения облака СДЯВ на открытой местности при скорости ветра $1 \text{ м/с} = 3 \text{ км}$;

$k_{зр}$ – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха в приземном слое;

$k_в$ – коэффициент, учитывающий скорость ветра;

при изотермии $k_{зр} = 1$; $k_b = 0,15$; $k_в = 0,50 \text{ м/с}$; $L_{хим} = 1,5 \text{ км}$; $B_{хим} = 0,2 \text{ км}$;

при конвекции $k_{зр} = 0,2$; $k_b = 0,8$; $k_в = 0,55 \text{ м/с}$; $L_{хим} = 0,3 \text{ км}$; $B_{хим} = 0,24 \text{ км}$;

при инверсии $k_{зр} = 5$; $k_b = 0,03$; $k_в = 0,38 \text{ м/с}$; $L_{хим} = 5,7 \text{ км}$; $B_{хим} = 0,17 \text{ км}$;

Глубина $L_{хим}$ и ширина $B_{хим}$ зоны химического заражения при применении химического оружия:

$$L_{хим} = L_{max} \cdot k_{зр}$$

$$B_{хим} = k_b \cdot L_{хим}$$

где L_{max} – максимальная глубина распространения отравляющих веществ, км;

$$L_{max} = 8 \text{ км}$$

$k_{зр}$ – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха в приземном слое.

при изотермии $k_{зр} = 1$; $L_{хим} = 8 \text{ км}$; $B_{хим} = 1,2 \text{ км}$;

при конвекции $k_{cp}=0,5$; $L_{хим}=4$ км; $B_{хим} = 3,2$ км;

при инверсии $k_{cp}=2$; $L_{хим}=16$ км; $B_{хим} = 0,48$ км;

Определим время подхода зараженного облака к объекту.

Время подхода облака СДЯВ к заданному объекту зависит от скорости переноса облака воздушным потоком и определяется по формуле

$$T_L = \frac{L}{K_M V_n}$$

где T_L – время подхода облака к объекту, расположенному на расстоянии L км от места аварии, ч;

V_n – скорость переноса ядовитого облака, $V_n=4$ км/ ч;

K_M – коэффициент влияния местности на скорость распространения ядовитого облака.

при изотермии $K_M=0.3$; $T_L = 16,4$ (ч)

при конвекции $K_M=0.3$; $T_L = 16,4$ (ч)

при инверсии $K_M=0.4$; $T_L = 12,5$ (ч)

Определим время поражающего действия СДЯВ

Продолжительность поражающего действия СДЯВ определяется временем поступления газо- или парообразных веществ в атмосферу.

$$T_{пор} = \frac{h \cdot p}{\sigma \cdot K_V K_t} + \frac{1}{K_M V_n}$$

$K_V=2$; $\sigma=0,025$; $K_t=1$

при изотермии и конвекции $T_{пор} = 17,5$

при инверсии $T_{пор} = 17,9$

Возможные потери людей и производственного персонала в очаге химического заражения зависят:

- от плотности населения (чел./км²) на территории очага;
- от токсичности СДЯВ и глубины его распространения с учетом влияния топографических особенностей местности;
- от степени защищенности населения с учетом времени суток и своевременности его оповещения об опасности;

- от метеорологических условий (скорости ветра, степени вертикальной устойчивости воздуха, температуры окружающей среды) и др.

$$\begin{cases} Z_j(N) = N_j^r \left(\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{K_{\text{защ. } i}} \right) + N_j^c \left(\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{K_{\text{защ. } i}} \right), \\ j = \overline{1, m} \end{cases}$$

где $Z_j(N)$ – число пораженных в j -й зоне поражения;

m – число зон поражения;

n – число степеней защиты;

N_j^r – численность городского населения в j -й зоне поражения;

N_j^c – численность сельского населения в j -й зоне поражения;

q_i – доля людей с i -й степенью защиты;

$K_{\text{защ. } i}$ – коэффициент защиты i -го сооружения с учетом времени, прошедшего после аварии.

при 50%-м обеспечении противогАЗами

На открытой местности, %

50

В укрытиях, %

27

В результате аварий возможны заражение окружающей среды и массовые поражения людей, животных и растений. В связи с этим для защиты персонала и населения при авариях рекомендуется:

- использовать индивидуальные средства защиты и убежища с режимом полной изоляции;

- эвакуировать людей из зоны заражения, возникающей при аварии;

- применять антитоксические средства обработки кожных покровов;

- соблюдать режим поведения (защиты) на зараженной территории;

- проводить санитарную обработку людей, дегазацию одежды, территории сооружений, транспорта, техники и имущества.

Население, проживающее вблизи химически опасных объектов, должно знать свойства, отличительные признаки и потенциальную опасность АХОВ, используемых на данном объекте, способы индивидуальной защиты от поражения АХОВ, уметь действовать при возникновении аварии, оказывать первую помощь

пострадавшим.

Химические вещества проникают в организм через органы дыхания, кожу, глаза, желудочно-кишечный тракт, поверхности ран, вызывая при этом как местные, так и общие поражения.

Действие химического вещества наступает даже при очень малых дозах. Их разрушающее влияние сказывается на всех людях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматизация производственных процессов и АСУП в химической промышленности/ Голубятников В.А., Шувалов В.В.. М.: Химия 1978г.376 с.,
2. Автоматизация производственных процессов и установок/ Попович Н.Г., Ковальчук А.В., Красовский Е.П. – К.:Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311 с.
3. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: Учебник для вузов/ Корытин А.М., Петров Н.К., Радимов С.Н., - 2-е изд., перераб, и доп. – М.: Энергоатомизд, 1988. – 432 с.: ил
4. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский Ю.И. и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. - М.:Химия, 1991. — 496 с.
5. Основы проектирования химических установок / Альперт Л.З. 4-е изд. - М.:Высшая школа 1989
6. Основы технологии комплексных удобрений /Кононов А.В., Стерлин В.Н., Евдокимова Л.И.. – М.: Химия, 1988. - 320с.: ил.
7. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А. С. Клюев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Клюев; Под ред. А. С. Клюева. —2-е издание, перераб. и доп. — Москва: Энергоатомиздат, 1990.
8. Технология неорганических веществ и минеральных удобрений / Мельников Е.Я., Салтанова В.П., Наумова А.М.. Учебник. Москва, Химия, 1983.
9. Технология фосфорных и комплексных удобрений/Под ред. Эвенчик С.Д.,

Бродский А.А. М.: Химия, 1987, 464 стр. с ил.

10. Обзор рынка диаммонийфосфата в СНГ
11. Постоянный технологический регламент производства аммофоса цеха фосфорных удобрений
12. <http://www.avtomatica.ru/plugins/shop/device.php?mode=device&id=160>
13. <http://www.automation-system.ru>
14. <http://www.asutp.ru/>
15. <http://www.ckiw.ru/index.php?cat=pbr>
16. <http://www.granulatorfg.ru/>
17. <http://www.klapan.ru>
18. <http://www.measurement.ru/gk/electro/04/02/003.htm>
19. <http://www.sibspz.ru/Pribori.html>
20. <http://www.schneider-invertor.ru/altivar-61/>
21. <http://www.technoline.ru/catalog/product/740>
22. <http://www.technoline.ru/catalog/product/744>
23. http://teplokip.narod.ru/davl/preobrazovateli_davl/preobr_davl-tok_42-05/sapfir-22/sapfir-22r/
24. <http://www.yokogawa.ru/localcontrollers/?prod=614>
25. <http://www.zeim.ru/elpm/mep/>
26. <http://www.mehanizmy.ru/info/docums/kipia/pbr/1428/>
27. http://www.arca-valve.com/download/4/Arca_russisch_aktuell.pdf
28. <http://www.kipia-teplo.ru/c.php?id=720>
29. <http://www.ivik.ua/training/articles/folder/6.html> - пер функц РК
<http://www.nknw.ru/electro/5/57/571/> АИР 63 А4
http://electro.cck.ru/catalog/engine/alternating/industrial/cage_rotor/attributes/
АИР 63 А4

					УИТС.414328.XXX	Лис
Из	Лис	№ докум.	Подп.	Да		№9

М. т. ма

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение системы автоматизации (СА) процесса первой стадии нейтрализации фосфорной кислоты в производстве минеральных удобрений позволит повысить технологические показатели работы химического предприятия, увеличить выпуск продукции, повысить качество выпускаемых удобрений за счет эффективного управления технологическими процессами с помощью контроллеров и применения современной измерительной техники.

В результате применения системы автоматизации оптимизировались технологические параметры, стабилизировалось управление технологической линией.

Внедрение и использование данной системы автоматизации целесообразно и экономически эффективно. Настоящий проект позволяет увеличить выпуск комплексных минеральных удобрений и сократить эксплуатационные расходы.

					УИТС.414328.XXX	Лис
Изд	Лис	№ докум.	Подп.	Да		№9

